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 1

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

INTEGRAL TYPE REICH CONTRACTIONS ON BIPOLAR p -METRIC SPACES

Assoc. Prof. Dr. Nihal TAŞ
Balıkesir University,
nihaltas@balikesir.edu.tr - 0000-0002-4535-4019

ABSTRACT

Fixed-point theory is important because it provides foundational results applicable in various fields such as analysis, topology, and applied mathematics. It helps to understand the behavior of mathematical systems under specific conditions and is used in areas like differential equations, optimization, and game theory. Fixed-point theorems are powerful tools for proving the existence of solutions to complex problems and ensuring the stability of certain systems. One of the most studied areas of fixed-point theory is the generalization of the metric space being worked on. An example of these spaces is the concept of bipolar p -metric spaces. In this study, we define an integral type Reich contractive condition on bipolar p -metric spaces and provide a fixed-point theorem using this concept.

Keywords : Bipolar p -metric space, fixed point, integral type Reich contractive condition.

1. INTRODUCTION

Fixed point theory deals with the study of points that remain unchanged under a given function or mapping. In mathematical terms, a fixed point of a function f is a point x such that $fx = x$. This theory is important in various areas of mathematics, including analysis, topology, and economics, and it has applications in solving equations and optimization problems. Generalized metric spaces extend the concept of a traditional metric space by relaxing the usual conditions of a metric, allowing for a broader range of spaces to be considered. In these spaces, the distance function may not satisfy all the usual properties (such as symmetry or the triangle inequality), but it still provides a useful framework for discussing concepts like convergence, continuity, and fixed points. Generalized metric spaces are crucial for extending fixed point results to more general settings.

In this study, we present a new fixed-point theorem using integral type contraction via Wardowski and Reich type inequality on bipolar p -metric spaces.

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

2. PRELIMINARIES

In this section, we recall some necessary notions as follows:

Definition 2.1. [1] Let X be a nonempty set and $d_b : X \times X \to [0,\infty)$ be a mapping. If d_b satisfies the following conditions:

(1) $d_b(x_1, x_2) = 0 \Leftrightarrow x_1 = x_2$,
(2) $d_b(x_1, x_2) = d_b(x_2, x_1)$ for all $x_1, x_2 \in X$,
(3) There exists a real number $s \geq 1$ such that $d_b(x_1, x_2) \leq s\left[d_b(x_1, x_3) + d_b(x_3, x_2)\right]$ for all $x_1, x_2 \in X$,

then d_b is called a b-metric on X and (X, d_b) is a b-metric space.

Definition 2.2. [2] Let (X, d_b) be a b-metric space and $\{x_n\}$ be a sequence on X. Then

(1) $\{x_n\}$ is called a convergent sequence in (X, d_b), if for every $\varepsilon > 0$, $\exists n_0 \in \mathbb{N}$ such that

$$d_b(x_n, x) < \varepsilon,$$

for all $n > n_0$.

(2) $\{x_n\}$ is called a Cauchy sequence in (X, d_b), if for every $\varepsilon > 0$, $\exists n_0 \in \mathbb{N}$ such that

$$d_b(x_n, x_{n+p}) < \varepsilon,$$

for all $n > n_0$ and $p > 0$.

(3) (X, d_b) is called a complete b-metric space if every Cauchy sequence in X converges to some $x \in X$.

Definition 2.3. [3] Consider two nonempty sets X and Y. A mapping $d_{bi} : X \times Y \to [0,\infty)$ is called a bipolar-metric on (X, Y) if it satisfies the following conditions:

(1) $d_{bi}(x_1, x_2) = 0 \Leftrightarrow x_1 = x_2$,
(2) $d_{bi}(x_1, x_2) = d_{bi}(x_2, x_1)$ for all $x_1, x_2 \in X \cap Y$,
(3) $d_{bi}(x_1, x_3) \leq d_{bi}(x_1, x_2) + d_{bi}(x_4, x_2) + d_{bi}(x_4, x_3)$ for all $(x_1, x_2), (x_4, x_3) \in X \times Y$.

Then (X, d_{bi}) is a bipolar-metric space.

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

Definition 2.4. [4] Let $X \neq \varnothing$. A mapping $d_p : X \times X \to [0,\infty)$ is called a p-metric if there exists a strictly increasing mapping $\Omega : [0,\infty) \to [0,\infty)$ with $\Omega^{-1}(t) \leq t \leq \Omega(t)$ for all $t \geq 0$ and $\Omega^{-1}(0) = 0 = \Omega(0)$ such that for all $x_1, x_2, x_3 \in X$ and the following conditions hold:

(1) $d_p(x_1, x_2) = 0 \Leftrightarrow x_1 = x_2$,
(2) $d_p(x_1, x_2) = d_p(x_2, x_1)$ for all $x_1, x_2 \in X$,
(3) $d_p(x_1, x_2) \leq \Omega\left(d_p(x_1, x_3) + d_p(x_3, x_2)\right)$.

Then (X, d_p) is a p-metric space.

Definition 2.5. [5] Assume that Ω is a strictly increasing continuous function. Let us consider the two nonempty sets of mappings:

$$\psi = \left\{\Omega : [0,\infty) \to [0,\infty) : \Omega^{-1}(t) \leq t \leq \Omega(t), \forall t \geq 0\right\}$$

and

$$\psi^* = \left\{\Omega \in \psi : \Omega^{-1}(t_1 + t_2) \leq \Omega^{-1}(t_1) + \Omega^{-1}(t_2), \forall t_1, t_2 \geq 0\right\}.$$

Let X and Y be two nonempty sets. A mapping $p : X \times Y \to [0,\infty)$ is called a bipolar p-metric on (X, Y) if it satisfies the following conditions for a function $\Omega \in \psi$:

(1) $p(x_1, x_2) = 0 \Leftrightarrow x_1 = x_2$,
(2) $p(x_1, x_2) = p(x_2, x_1)$ for all $(x_1, x_2) \in (X \cap Y)^2$,
(3) $p(x_1, x_3) \leq \Omega\left[p(x_1, x_2) + p(x_4, x_2) + p(x_4, x_3)\right]$ for all $(x_1, x_2), (x_4, x_3) \in X \times Y$.

Then (X, Y, p) is called a bipolar p-metric space.

Remark 2.6. [6] The definitions of sequence, Cauchy sequence, convergent sequence and completeness in a bipolar p-metric space are the same as in the case of a b-metric space.

Definition 2.7. [5] Let us consider two pairs of sets (X_1, Y_1) and (X_2, Y_2). The function $f : X_1 \cup Y_1 \to X_2 \cup Y_2$ is called a covariant mapping if $f(X_1) \subset X_2$ and $f(Y_1) \subset Y_2$. It is denoted by

$$f : (X_1, Y_1) \xrightarrow[\to]{} (X_2, Y_2).$$

Definition 2.8. [5] Let us consider two pairs of sets (X_1, Y_1) and (X_2, Y_2). The function $f : X_1 \cup Y_1 \to X_2 \cup Y_2$ is called a contravariant mapping if $f(X_1) \subset Y_2$ and $f(Y_1) \subset X_2$. It is denoted by

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

$$f:(X_1,Y_1)\ \square\ (X_2,Y_2).$$

Definition 2.9. [7] Assume that $F:(0,\infty)\to\square$ satisfies the following conditions:

(F1) F is strictly increasing,

(F2) For every sequence $\{u_n\}_{n\in\square}\subset(0,\infty)$,

$$\lim_{n\to\infty}u_n=0\Leftrightarrow\lim_{n\to\infty}F(u_n)=-\infty,$$

(F3) There exist $s\in(0,1)$ such that

$$\lim_{t\to0}t^sF(t)=0.$$

$\digamma$ is the collection of all functions F.

3. MAIN RESULTS

For every $\Omega\in\psi$, let us consider a subset of $(0,1)$ denoted as Δ_Ω [8], which is given by

$$\Delta_\Omega=\left\{\lambda\in(0,1):\lim_{n\to\infty}\Omega^{(p+1)}\left(\sum_{i=n}^{n+p}\Omega^{-(n+p-i)}\left[\lambda^i\Theta\right]\right)=0 \text{ for any } p=1,2,\ldots \text{ and any fixed } \Theta>0\right\}.$$

Using the integral type technique introduced in [9], we get the following Reich type [10] fixed-point theorem:

Theorem 3.1. Let (X,Y,p) be a complete bipolar p-metric space for some $\Omega\in\psi^*$ and a contravariant mapping $f:(X,Y,p)\ \square\ (X,Y,p)$ such that

$$\tau+F\left(\int_0^{p(fx,fy)}\varphi(s)ds\right)\le c_1F\left(\int_0^{p(x,y)}\varphi(s)ds\right)+c_2F\left(\int_0^{p(x,Tx)}\varphi(s)ds\right)+c_3F\left(\int_0^{p(Ty,y)}\varphi(s)ds\right)$$

for $(x,y)\in X\times Y$ and $\tau>0$, where $c_1,c_2,c_3\ge0$ such that $c_1+c_2+c_3<1$, $\left(\frac{c_1+c_3}{1-c_2}\right)\left(\frac{c_1+c_2}{1-c_2}\right)\in\Delta_\Omega$ and $\varphi:[0,\infty)\to[0,\infty)$ is a Lebesgue-integrable mapping which is summable, that is, with finite integral on each compact subset of $[0,\infty)$, nonnegative and such that

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

$$\int_0^{\varepsilon} \varphi(s)ds > 0$$

for each $\varepsilon > 0$. Then the function $f : X \cup Y \to X \cup Y$ has a unique fixed point for all $t > 0$, $c_3 t < \Omega^{-1}(t)$.

Proof. Let $x_0 \in X$. Let us take two sequences $\{x_n\} \subset X$ and $\{y_n\} \subset Y$ such that for some $n \geq 0$, $y_n = fx_n$ and $x_{n+1} = fy_n$ for all $n \in \mathbb{N}$. Then, we have

$$\begin{aligned}
&\tau + F\left(\int_0^{p(x_n,y_n)} \varphi(s)ds\right) = \tau + F\left(\int_0^{p(fy_{n-1},fx_n)} \varphi(s)ds\right) \\
&\leq c_1 F\left(\int_0^{p(x_n,y_{n-1})} \varphi(s)ds\right) + c_2 F\left(\int_0^{p(x_n,fx_n)} \varphi(s)ds\right) + c_3 F\left(\int_0^{p(fy_{n-1},y_{n-1})} \varphi(s)ds\right) \\
&= (c_1 + c_3) F\left(\int_0^{p(x_n,y_{n-1})} \varphi(s)ds\right) + c_2 F\left(\int_0^{p(x_n,y_n)} \varphi(s)ds\right),
\end{aligned}$$

for all $n \geq 1$. We obtain

$$\begin{aligned}
&F\left(\int_0^{p(x_n,y_n)} \varphi(s)ds\right) - c_2 F\left(\int_0^{p(x_n,y_n)} \varphi(s)ds\right) \leq (c_1 + c_3) F\left(\int_0^{p(x_n,y_{n-1})} \varphi(s)ds\right) - \tau \\
&\Rightarrow F\left(\int_0^{p(x_n,y_n)} \varphi(s)ds\right) \leq \left(\frac{c_1 + c_3}{1 - c_2}\right) F\left(\int_0^{p(x_n,y_{n-1})} \varphi(s)ds\right) - \frac{1}{1 - c_2}\tau.
\end{aligned}$$

Again, we find

$$\begin{aligned}
&\tau + F\left(\int_0^{p(x_n,y_{n-1})} \varphi(s)ds\right) = \tau + F\left(\int_0^{p(fy_{n-1},fx_{n-1})} \varphi(s)ds\right) \\
&\leq c_1 F\left(\int_0^{p(x_{n-1},y_{n-1})} \varphi(s)ds\right) + c_2 F\left(\int_0^{p(x_{n-1},fx_{n-1})} \varphi(s)ds\right) + c_3 F\left(\int_0^{p(fy_{n-1},y_{n-1})} \varphi(s)ds\right) \\
&= (c_1 + c_2) F\left(\int_0^{p(x_{n-1},y_{n-1})} \varphi(s)ds\right) + c_3 F\left(\int_0^{p(x_n,y_{n-1})} \varphi(s)ds\right) \\
&\Rightarrow (1 - c_3) F\left(\int_0^{p(x_n,y_{n-1})} \varphi(s)ds\right) \leq (c_1 + c_2) F\left(\int_0^{p(x_{n-1},y_{n-1})} \varphi(s)ds\right) - \tau \\
&\Rightarrow F\left(\int_0^{p(x_n,y_{n-1})} \varphi(s)ds\right) \leq \left(\frac{c_1 + c_2}{1 - c_3}\right) F\left(\int_0^{p(x_{n-1},y_{n-1})} \varphi(s)ds\right) - \frac{1}{1 - c_3}\tau,
\end{aligned}$$

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

for all $n \geq 1$. So we have

$$F\left(\int_0^{p(x_n,y_n)} \varphi(s)ds\right) \leq \left(\frac{c_1+c_3}{1-c_2}\right)\left(\frac{c_1+c_2}{1-c_3}\right) F\left(\int_0^{p(x_{n-1},y_{n-1})} \varphi(s)ds\right) - \left(\frac{c_1+c_3}{1-c_2}\right)\left(\frac{1}{1-c_3}\right)\tau - \frac{1}{1-c_2}\tau.$$

Let $\mu = \left(\frac{c_1+c_3}{1-c_2}\right)\left(\frac{c_1+c_2}{1-c_3}\right)$. Then we get

$$F\left(\int_0^{p(x_n,y_n)} \varphi(s)ds\right) \leq \mu F\left(\int_0^{p(x_{n-1},y_{n-1})} \varphi(s)ds\right) - \left(\frac{c_1+c_3}{1-c_3} - 1\right)\left(\frac{1}{1-c_2}\tau\right)$$

and so

$$F\left(\int_0^{p(x_n,y_n)} \varphi(s)ds\right) \leq \mu^n F\left(\int_0^{p(x_0,y_0)} \varphi(s)ds\right) - n\left(\frac{c_1+c_3}{1-c_3} - 1\right)\left(\frac{1}{1-c_2}\right)\tau.$$

Let us take the limit $n \to \infty$, we get

$$\lim_{n\to\infty} F\left(\int_0^{p(x_n,y_n)} \varphi(s)ds\right) = -\infty$$

and

$$\lim_{n\to\infty} \int_0^{p(x_n,y_n)} \varphi(s)ds = 0.$$

Therefore, $\forall n \in \square$, $\exists t \in (0,1)$ such that

$$\lim_{n\to\infty} \left[\int_0^{p(x_n,y_n)} \varphi(s)ds\right]^t F\left(\int_0^{p(x_n,y_n)} \varphi(s)ds\right) = 0.$$

For all $n \in \square$, we obtain

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

$$\left[\int_0^{p(x_n,y_n)}\varphi(s)ds\right]^t F\left(\int_0^{p(x_n,y_n)}\varphi(s)ds\right)-\left[\int_0^{p(x_n,y_n)}\varphi(s)ds\right]^t F\left(\int_0^{p(x_0,y_0)}\varphi(s)ds\right)$$
$$\leq\left[\int_0^{p(x_n,y_n)}\varphi(s)ds\right]^t\left(\mu^n F\left(\int_0^{p(x_0,y_0)}\varphi(s)ds\right)-n\left(\frac{c_1+c_3}{1-c_3}-1\right)\left(\frac{1}{1-c_2}\right)\tau\right)$$
$$-\left[\int_0^{p(x_n,y_n)}\varphi(s)ds\right]^t F\left(\int_0^{p(x_0,y_0)}\varphi(s)ds\right)$$
$$=-\left[\int_0^{p(x_n,y_n)}\varphi(s)ds\right]^t n\left(\frac{c_1+c_3}{1-c_3}-1\right)\left(\frac{1}{1-c_2}\right)\tau\leq 0.$$

By the property of F, let us take the limit $n\to\infty$, we have

$$\lim_{n\to\infty} n\left(\frac{c_1+c_3}{1-c_3}-1\right)\left(\frac{1}{1-c_2}\right)\left[\int_0^{p(x_n,y_n)}\varphi(s)ds\right]^t=0.$$

Then, there exists $n_1\in$ such that

$$n\left[\int_0^{p(x_n,y_n)}\varphi(s)ds\right]^t\leq 1,$$

for all $n\geq n_1$. So, we get

$$\int_0^{p(x_n,y_n)}\varphi(s)ds=\frac{1}{n^{1/t}},$$

for all $n\geq n_1$. Again, we have

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

$$
\begin{aligned}
&F\left(\int_0^{p(x_{n+1},y_n)}\varphi(s)ds\right)=F\left(\int_0^{p(fy_n,fx_n)}\varphi(s)ds\right)\\
&\le\left(\frac{c_1+c_2}{1-c_2}\right)F\left(\int_0^{p(x_{n+1},y_n)}\varphi(s)ds\right)-\left(\frac{c_1+c_3}{1-c_3}-1\right)\left(\frac{1}{1-c_2}\right)\tau\\
&\vdots\\
&\le\mu^n F\left(\int_0^{p(x_1,y_0)}\varphi(s)ds\right)-n\left(\frac{c_1+c_3}{1-c_3}-1\right)\left(\frac{1}{1-c_2}\right)\tau\\
&\le\mu^n\left(\frac{c_1+c_2}{1-c_3}\right)F\left(\int_0^{p(x_0,y_0)}\varphi(s)ds\right)-n\left(\frac{c_1+c_2}{1-c_3}\right)\left(\frac{c_1+c_3}{1-c_3}-1\right)\left(\frac{1}{1-c_2}\right)\tau
\end{aligned}
$$

and take the limit $n\to\infty$, we have

$$\lim_{n\to\infty}F\left(\int_0^{p(x_{n+1},y_n)}\varphi(s)ds\right)=-\infty.$$

By the property of F, we obtain

$$\lim_{n\to\infty}\int_0^{p(x_{n+1},y_n)}\varphi(s)ds=0$$

and for all $n\in\mathbb{N}$, there exists $t\in(0,1)$ such that

$$\lim_{n\to\infty}\left[\int_0^{p(x_{n+1},y_n)}\varphi(s)ds\right]^t F\left(\int_0^{p(x_{n+1},y_n)}\varphi(s)ds\right)=0.$$

For all $n\in\mathbb{N}$, we get

$$
\begin{aligned}
&\left[\int_0^{p(x_{n+1},y_n)}\varphi(s)ds\right]^t F\left(\int_0^{p(x_{n+1},y_n)}\varphi(s)ds\right)-\left[\int_0^{p(x_{n+1},y_n)}\varphi(s)ds\right]^t F\left(\int_0^{p(x_1,y_0)}\varphi(s)ds\right)\\
&\le\left[\int_0^{p(x_{n+1},y_n)}\varphi(s)ds\right]^t\left[\mu^n F\left(\int_0^{p(x_1,y_0)}\varphi(s)ds\right)-n\left(\frac{c_1+c_3}{1-c_3}-1\right)\left(\frac{1}{1-c_2}\right)\tau\right]\\
&-\left[\int_0^{p(x_{n+1},y_n)}\varphi(s)ds\right]^t F\left(\int_0^{p(x_1,y_0)}\varphi(s)ds\right)\\
&=-\left[\int_0^{p(x_{n+1},y_n)}\varphi(s)ds\right]^t n\left(\frac{c_1+c_3}{1-c_3}-1\right)\left(\frac{1}{1-c_2}\right)\tau\le 0.
\end{aligned}
$$

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

By the property of F and taking the limit $n \to \infty$, we have

$$\lim_{n\to\infty} n\left[\int_0^{p(x_{n+1},y_n)} \varphi(s)ds\right]^t = 0 .$$

There exists $n_2 \in$ □ such that

$$n\left[\int_0^{p(x_n,y_{n+1})} \varphi(s)ds\right]^t \le 1,$$

for all $n \ge n_2$ and so

$$\int_0^{p(x_{n+1},y_n)} \varphi(s)ds \le \frac{1}{n^{1/t}},$$

for all $n \ge n_2$. Let us take $n_0 = \max\{n_1, n_2\}$. For any $1 \le n < m$, we get

$$\int_0^{p(x_n,y_m)} \varphi(s)ds \le \int_0^{\Omega[p(x_n,y_n)+p(x_{n+1},y_n)+p(x_{n+1},y_m)]} \varphi(s)ds$$

$$\Rightarrow \Omega^{-1}\left[\int_0^{p(x_n,y_m)} \varphi(s)ds\right] \le \frac{1}{n^{1/t}} + \frac{1}{n^{1/t}} + \int_0^{p(x_{n+1},y_m)} \varphi(s)ds$$

$$= \frac{1}{n^{1/t}} + \frac{1}{n^{1/t}} + \int_0^{\Omega[p(x_{n+1},y_{n+1})+p(x_{n+2},y_{n+1})+p(x_{n+2},y_m)]} \varphi(s)ds$$

$$\Rightarrow \Omega^{-2}\left[\int_0^{p(x_n,y_m)} \varphi(s)ds\right] \le \Omega^{-1}\left[\frac{1}{n^{1/t}} + \frac{1}{n^{1/t}}\right] + \frac{1}{(n+1)^{1/t}} + \frac{1}{(n+1)^{1/t}} + \int_0^{p(x_{n+2},y_m)} \varphi(s)ds$$

and so

$$\Omega^{-(m-n+1)}\left[\int_0^{p(x_n,y_m)} \varphi(s)ds\right] \le \Omega^{-(m-n)}\left[\frac{1}{n^{1/t}} + \frac{1}{n^{1/t}}\right] + \Omega^{-(m-n)}\left[\frac{1}{(n+1)^{1/t}} + \frac{1}{(n+1)^{1/t}}\right]$$

$$+\cdots+\Omega^{-1}\left[\frac{1}{(m-1)^{1/t}} + \frac{1}{(m-1)^{1/t}}\right] + \int_0^{p(x_{m+1},y_m)} \varphi(s)ds \le \sum_{i=n}^{m} \Omega^{-(m-i)}\left[\frac{1}{i^{1/t}} + \frac{1}{i^{1/t}}\right],$$

for all $n \ge n_0$. Hence, we obtain

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

$$\int_0^{p(x_n,y_m)} \varphi(s)ds \le \Omega^{(m-n+1)}\left(\sum_{i=n}^{m}\Omega^{-(m-i)}\left[\frac{1}{i^{1/t}}+\frac{1}{i^{1/t}}\right]\right)$$

and for any $1 \le m < n$, we get

$$\int_0^{p(x_n,y_m)} \varphi(s)ds \le \Omega^{(m-n+1)}\left(\sum_{i=m}^{n}\Omega^{-(n-i)}\left[\frac{1}{i^{1/t}}+\frac{1}{i^{1/t}}\right]\right).$$

Since $t \in (0,1)$, the series is biconvergent as $m,n \to \infty$. Hence, $\{x_n, y_n\}$ is Cauchy and $\{x_n, y_n\}$ biconverge to some $z \in X \cap Y$. Then we have

$$\tau + F\left(\int_0^{p(fz,fx_n)} \varphi(s)ds\right) \le c_1 F\left(\int_0^{p(z,x_n)} \varphi(s)ds\right) + c_2 F\left(\int_0^{p(z,fz)} \varphi(s)ds\right) + c_3 F\left(\int_0^{p(fy_n,y_n)} \varphi(s)ds\right) \tag{3.1}$$

and

$$\int_0^{p(fz,z)} \varphi(s)ds \le \int_0^{\Omega[p(fz,fx_n)+p(y_n,fy_n)+p(y_n,z)]} \varphi(s)ds. \tag{3.2}$$

Using (3.1) and (3.2), taking the limit as $n \to \infty$, we get

$$\int_0^{p(fz,z)} \varphi(s)ds \le \Omega\left[c_2 F\left(\int_0^{p(z,fz)} \varphi(s)ds\right)\right].$$

If $fz \neq z$, then we have

$$\int_0^{p(fz,z)} \varphi(s)ds \le \Omega\left[c_2 F\left(\int_0^{p(z,fz)} \varphi(s)ds\right)\right] < \int_0^{p(fz,z)} \varphi(s)ds,$$

a contradiction. Hence, z is a fixed point of f. Now, we show the uniqueness of z. To do this, w is another fixed point of f. Then we obtain

$$\begin{aligned}
&\tau + F\left(\int_0^{p(z,w)} \varphi(s)ds\right) = \tau + F\left(\int_0^{p(fz,fw)} \varphi(s)ds\right) \\
&\le c_1 F\left(\int_0^{p(z,w)} \varphi(s)ds\right) + c_2 F\left(\int_0^{p(z,fz)} \varphi(s)ds\right) + c_3 F\left(\int_0^{p(fw,w)} \varphi(s)ds\right) \\
&< \tau + F\left(\int_0^{p(z,w)} \varphi(s)ds\right)
\end{aligned}$$

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

and so, we get

$$p(z,w)=0 \Rightarrow z=w,$$

that is, f has a unique fixed point in (X,Y,p). □

Remark 3.2. If $\varphi(t)=1$, Then Theorem 3.1 and Theorem 2 given in [11] are coincidence. Consequently, Theorem 3.1 generalizes Theorem 2.

KAYNAKÇA

1. Bakhtin, I. A. The contraction mapping principle in almost metric spaces. Funct. Anal. 1989, 30, 26-37.

2. George, R., Radenovic, S., Reshma, K. P. and Shukla, S. Rectangular b-metric space and contraction principles. J. Nonlinear Sci. Appl. 2015, 8, 1005-1013.

3. Mutlu, A. and Gurdal, U. Bipolar metric spaces and some fixed point theorems. J. Nonlinear Sci. Appl. 2016, 9, 5362-5373.

4. Parvaneh, V., Dinmohammadi, A. and Kadelburg, Z. Coincidence point results for weakly α-admissible pairs in extended b-metric spaces. J. Math. Anal. 2017, 8, 74-89.

5. Roy, K., Saha, M., George, R., Guran, L. and Mitrovic, Z. D. Some covariant and contravariant fixed point theorems over bipolar p-metric spaces and applications. Filomat 2022, 36, 1755-1767.

6. Konwar, N. and Debnath, P. Fixed-point results of F-contractions in bipolar p-metric spaces. Axioms 2024, 13, 773.

7. Wardowski, D. Fixed points of a new type of contractive mappings in complete metric spaces. Fixed Point Theory Appl. 2012, 2012, 94.

8. Roy, K., Saha, M., George, R., Guran, L. and Mitrovic, Z. D. Some covariant and contravariant fixed point theorems over bipolar p-metric spaces and applications. Filomat 2022, 36, 1755-1767.

9. Branciari, A. A fixed point theorem for mappings satisfying a general contractive condition of integral type. International Journal of Mathematics and Mathematical Sciences. 2002, 29 (9), 531-536.

10. Reich, S. Some Remarks concerning contraction mappings. Canadian Mathematical Bulletin 1971, 14, 121-124.

11. Konwar, N. and Debnath, P. Fixed-point results of F-contractions in bipolar p-metric spaces. Axioms 2024, 13, 773.

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

SOME EXISTENCE FIXED-CIRCLE RESULTS WITH THE FUNCTION Ω ON S-METRIC SPACES

Assoc. Prof. Dr. Nihal TAŞ

Balıkesir University,

nihaltas@balikesir.edu.tr - 0000-0002-4535-4019

ABSTRACT

Fixed-point theory has gained significant attention in recent years and continues to be explored from various perspectives in the literature. One such approach involves generalizing the metric spaces used in the theory. An example of this generalization is the concept of *S*-metric spaces. Another approach is to find new solutions to the fixed-circle problem when there are multiple fixed points. In this study, we present new fixed-circle theorems on *S*-metric spaces with the aid of an auxiliary function Ω.

Keywords : Fixed-circle problem, *S*-metric space, auxiliary function.

1. INTRODUCTION

The concept of a “fixed-circle” in metric spaces refers to a generalized notion of a circle, where certain properties, such as the center or radius, are fixed within the space. In the context of metric spaces, a fixed-circle can be seen as a set of points that maintain a constant distance from a central point, but this idea extends beyond Euclidean geometry to include various types of distance functions. As the fixed-circle problem evolves, one of the key considerations is the increase in the number of fixed points associated with these circles. In metric spaces, fixed points refer to points that remain unchanged under specific transformations, such as distance-preserving maps. The growth in the number of fixed points often correlates with the properties of the space itself, such as its topology, compactness, or curvature. Understanding how these fixed points increase in number as the structure of the space changes provides crucial insights into the underlying geometry and topology of the metric space, highlighting the complex interactions between geometric objects and the space’s distance function.

By the above motivations, in this study, our main aim is to investigate new answers to the fixed-circle problem introduced in [1]. We give some fixed-circle results on S-metric spaces using the auxiliary function Ω.

2. PRELIMINARIES

In this section, we recall some necessary concepts as follows:

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

Definition 2.1. [2] Let X be a nonempty set and the mapping $S: X \times X \times X \to [0,\infty)$ satisfies the following conditions:

(S_1) $S(x,y,z)=0 \Leftrightarrow x=y=z$ for all $x,y,z \in X$,

(S_2) $S(x,y,z) \le S(x,x,t)+S(y,y,t)+S(z,z,t)$ for all $x,y,z,t \in X$.

Then S is called an S-metric and the pair (X,S) is called an S-metric space.

Lemma 2.2. [2] Let (X,S) be an S-metric space and $x,y \in X$. Then we have

$$S(x,x,y)=S(y,y,x).$$

Definition 2.3. [3] Let (X,d) be a metric space. Then the function $S_d: X \times X \times X \to [0,\infty)$ defined by

$$S_d(x,y,z)=d(x,z)+d(y,z),$$

for all $x,y,z \in X$ is an S-metric on X. The S-metric S_d is called the S-metric generated by d.

Definition 2.4. [4] Let (X,S) be an S-metric space. A circle $C^S_{x_0,r}$ is defined by

$$C^S_{x_0,r}=\{x \in X : S(x,x,x_0)=r\},$$

with the center x_0 and the radius r.

Definition 2.5. [4] Let (X,S) be an S-metric space, $C^S_{x_0,r}$ be a circle and $T: X \to X$ be a self-mapping. If $Tx=x$ for all $x \in C^S_{x_0,r}$ then the circle $C^S_{x_0,r}$ is called a fixed circle of T.

3. MAIN RESULTS

Assume (X,S) is an S-metric space. Let us define the mapping $\Omega: X \to [0,\infty)$ as

$$\Omega(x)=\begin{cases} S(x,x,x_0) & , \quad 0<r<1 \\ m_S(x,x_0) & , \quad r \ge 1 \end{cases},$$

for all $x \in X$, where x_0 is the center of the circle $C^S_{x_0,r}$, r is a radius of the circle $C^S_{x_0,r}$ and

$$m_S(x,x_0)=\frac{S(x,x,x_0)}{1+S(x,x,x_0)}.$$

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

Let

$$\mathbb{N} = \{1, 2, 3, \ldots\}$$

be a set of natural numbers, $T : X \to X$ be a self-mapping and

$$Fix(T) = \{x \in X : Tx = x\}$$

be a set of fixed points of T.

Now we prove the following fixed-circle theorems according to the mapping Ω.

Theorem 3.1. Let (X, S) be an S-metric space and $C^S_{x_0,r}$ be any circle on X. If there exists a self-mapping $T : X \to X$ satisfying

(I) $S(Tx, Tx, x) \leq \left[\Omega(x)\right]^p \left[\Omega(Tx)\right]^q$,

(II) $S(Tx, Tx, x_0) = r$,

for each $x \in C^S_{x_0,r}$ and $p, q \in \mathbb{N}$, then we have

$$C^S_{x_0,r} \subset Fix(T),$$

that is, $C^S_{x_0,r}$ is a fixed circle of T on (X, S).

Proof. Let $x \in C^S_{x_0,r}$ be any point. Let us consider the following cases:

Case 1: Let $0 < r < 1$. By (I) and (II), we get

$$\begin{aligned} S(Tx, Tx, x) &\leq \left[\Omega(x)\right]^p \left[\Omega(Tx)\right]^q \\ &= \left[S(x, x, x_0)\right]^p \left[S(Tx, Tx, x_0)\right]^q \\ &= r^p r^q = r^{p+q} = r^n \to 0, \end{aligned}$$

as $n \to \infty$. Then, we get

$$S(Tx, Tx, x) = 0,$$

that is, $Tx = x$. Hence, we obtain

$$C^S_{x_0,r} \subset Fix(T).$$

Case 2: Let $r \geq 1$. By (I) and (II), we get

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

$$
\begin{aligned}
&S(Tx,Tx,x) \le \left[\Omega(x)\right]^p \left[\Omega(Tx)\right]^q \\
&= \left[m_S(x,x_0)\right]^p \left[m_S(Tx,x_0)\right]^q \\
&= \left[\frac{S(x,x,x_0)}{1+S(x,x,x_0)}\right]^p \left[\frac{S(Tx,Tx,x_0)}{1+S(Tx,Tx,x_0)}\right]^q \\
&= \left[\frac{r}{1+r}\right]^p \left[\frac{r}{1+r}\right]^q = \left[\frac{r}{1+r}\right]^{p+q} = \left[\frac{r}{1+r}\right]^n \to 0,
\end{aligned}
$$

as $n \to \infty$. Then, we get

$$S(Tx,Tx,x) = 0,$$

that is, $Tx = x$. Hence, we obtain

$$C_{x_0,r}^S \subset Fix(T).$$

Under these cases, we say that $C_{x_0,r}^S$ is a fixed circle of T. □

Now, we give the following corollaries:

Corollary 3.2. Let (X,S) be an S-metric space and $C_{x_0,r}^S$ be any circle on X. If there exists a self-mapping $T: X \to X$ satisfying

(I) $S(Tx,Tx,x) \le \left[\Omega(x)\right]^n - \left[\Omega(Tx)\right]^n$,

(II) $S(Tx,Tx,x_0) = r$,

for each $x \in C_{x_0,r}^S$ and $n \in$ □, then we have

$$C_{x_0,r}^S \subset Fix(T),$$

that is, $C_{x_0,r}^S$ is a fixed circle of T on (X,S).

Corollary 3.3. Let (X,S) be an S-metric space and $C_{x_0,r}^S$ be any circle on X. If there exists a self-mapping $T: X \to X$ satisfying

(I) $S(Tx,Tx,x) \le \left[\Omega(x)\right]^n + \left[\Omega(Tx)\right]^n - 2r^n$,

(II) $S(Tx,Tx,x_0) = r$,

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

for each $x \in C_{x_0,r}^S$ and $n \in \mathbb{N}$, then we have

$$C_{x_0,r}^S \subset Fix(T),$$

that is, $C_{x_0,r}^S$ is a fixed circle of T on (X,S).

Corollary 3.4. Let (X,S) be an S-metric space and $C_{x_0,r}^S$ be any circle on X. If there exists a self-mapping $T: X \to X$ satisfying

(I) $S(Tx,Tx,x) \leq [\Omega(x)]^n - [\Omega(Tx)]^n$,

(II) $hS(Tx,Tx,x) + [S(Tx,Tx,x_0)]^n = r^n$,

for each $x \in C_{x_0,r}^S$, some $h \in (0,1)$ and $n \in \mathbb{N}$, then we have

$$C_{x_0,r}^S \subset Fix(T),$$

that is, $C_{x_0,r}^S$ is a fixed circle of T on (X,S).

Corollary 3.5. Let (X,S) be an S-metric space and $C_{x_0,r}^S$ be any circle on X. If there exists a self-mapping $T: X \to X$ satisfying

(I) $S(Tx,Tx,x) \leq \left[\dfrac{\Omega(Tx)}{\Omega(x)}\right]^n - 1$,

(II) $S(Tx,Tx,x_0) = r$,

for each $x \in C_{x_0,r}^S$ and $n \in \mathbb{N}$, then we have

$$C_{x_0,r}^S \subset Fix(T),$$

that is, $C_{x_0,r}^S$ is a fixed circle of T on (X,S).

Corollary 3.6. Let (X,S) be an S-metric space and $C_{x_0,r}^S$ be any circle on X. If there exists a self-mapping $T: X \to X$ satisfying

(I) $S(Tx,Tx,x) \leq [\Omega(x)]^n [\Omega(Tx)]^n - r^{2n}$,

(II) $S(Tx,Tx,x_0) = r$,

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

for each $x \in C^S_{x_0,r}$ and $n \in \square$, then we have

$$C^S_{x_0,r} \subset Fix(T),$$

that is, $C^S_{x_0,r}$ is a fixed circle of T on (X,S).

Remark 3.7.

(*i*) Theorem 3.1 (resp. Corollary 3.2, Corollary 3.3, Corollary 3.4, Corollary 3.5 and Corollary 3.6) generalizes Theorem 2.8 (resp. Corollary 2.1, Corollary 2.2, Corollary 2.3, Corollary 2.4 and Corollary 2.7) proved in [5].

(*ii*) If we consider Theorem 3.1 (resp. Corollary 3.2, Corollary 3.3, Corollary 3.4, Corollary 3.5 and Corollary 3.6), then we have

$$Tx \in C^S_{x_0,r},$$

for each $x \in C^S_{x_0,r}$.

KAYNAKÇA

1. Özgür, N. Y. and Taş, N. Some fixed-circle theorems on metric spaces, Bulletin of the Malaysian Mathematical Sciences Society, 42 (2019) 1433-1449.

2. Sedghi, S., Shobe, N. and Aliouche, A. A generalization of fixed point theorems in S-metric spaces, Matematicki Vesnik, 64 (3) (2012) 258-266.

3. Özgür, N. Y. and Taş, N. Some new contractive mappings on S-metric spaces and their relationships with the mapping (S25), Mathematical Sciences, 11 (1) (2017) 7-16.

4. Özgür, N. Y and Taş, N. Fixed-circle problem on S-metric spaces with a geometric viewpoint, Facta Universitatis, Series: Mathematics and Informatics, 34 (2019) 459-472.

5. Karaağaç, K., Kızanlık, Ö. M. and Taş, N. New contributions to nonunique fixed-point results via power type contractions, Electronic Journal of Mathematical Analysis and Applications, 11 (1) (2023) 206-221.

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

Kriging ve IDW Yöntemleri ile Orta Karadeniz'de Kuraklık Dağılımının Belirlenmesi

Dr. Öğr. Üyesi Tahsin BAYKAL
Kırıkkale Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi
tahsinbaykal@kku.edu.tr - 0000-0001-6218-0826

Öğr. Gör. Dr. Ahmet İLKER
Çankırı Karatekin Üniversitesi, Meslek Yüksekokulu
ahmetilker@karatekin.edu.tr - 0000-0002-6276-7309

ÖZET

Bu çalışmada, Orta Karadeniz Bölümü'nde yer alan Samsun, Ordu, Amasya, Çorum ve Tokat illerindeki meteorolojik kuraklıkların mekânsal ve zamansal incelenmesi amaçlanmıştır. Bunun için ilk olarak 1981-2022 yıllarına ait aylık toplam yağış değerleri ile Standartlaştırılmış Yağış İndisi (SYİ) hesaplanmıştır. SYİ değerleri incelendiğinde Ocak ve Nisan 2014'te Tokat ve Amasya illerinde aşırı kuraklıklar yaşanmıştır. Daha sonra hesaplanan SYİ değerleri ile Ocak 2014 dönemi için Kriging ve Ters Mesafe Ağırlıklı (IDW) enterpolasyon yöntemleriyle kuraklık haritası oluşturulmuştur. Kriging ve IDW enterpolasyon yöntemleri ile oluşturulan kuraklık haritası incelendiğinde her iki yönteminde benzer sonuçlar verdiği görülmüştür. Kriging ve IDW yöntemleri ile oluşturulan kuraklık haritalarından bu dönemde Amasya ve Tokat illerinde aşırı kuraklıkların yaşandığı görülmüştür. Çorum ve Ordu illeri ise bu dönemde kuraklıklardan en az etkilenen iller olduğu görülmektedir. Sonuçlar genel olarak değerlendirildiğinde Samsun, Amasya ve Tokat illeri Ocak 2014 döneminde kuraklıklardan Çorum ve Ordu illerine kıyasla daha fazla etkilenmiştir. Bu illerde su kaynaklarını daha etkili ve sürdürülebilir kullanılması gerekmektedir. Gelecekteki çalışmalarda daha geniş zaman dilimleri için farklı kuraklık indeksleri ve diğer enterpolasyon yöntemlerinin kullanılması bölgedeki kuraklık riskinin azaltılmasında daha etkin olabilecektir.

Anahtar Kelimler: Meteorolojik Kuraklık, Standartlaştırılmış Yağış İndisi (SYİ), Kriging, Ters Mesafe Ağırlıklı (IDW), Orta Karadeniz Bölgesi

1. GİRİŞ

Kuraklık, yağış miktarının normal seviyeye göre azalması sebebiyle su kaynaklarında ve çevrede olumsuzlukların görülmesine ve hidrolojik döngünün bozulmasına sebebiyet veren doğal olay olarak betimlenmektedir [1,2]. Kuraklık, her bölgede ve iklimde görülse de özellikle kurak ve yarı kurak olarak tanımlanan bölgelerde daha fazla ve şiddetli bir şekilde görülür. Kuraklık ortaya çıkışından itibaren haftalar, aylar ve hatta yıllarca olacak şekilde uzun zaman boyunca sürebilir [3,4]. Kuraklık genel olarak, meteorolojik kuraklık, tarımsal kuraklık, hidrolojik kuraklık ve sosyoekonomik kuraklık olarak sınıflandırılmaktadır. Yağış miktarındaki azlık sebebiyle meydana gelen kuraklık Meteorolojik Kuraklık; zemin neminin azalması nedeniyle tarım ürünlerinin azalmasıyla meydana gelen kuraklık Tarımsal Kuraklık olarak betimlenmektedir. Bununla birlikte, yüzeysel ve yeraltı su kaynaklarındaki su seviyesinin

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

ihtiyaç duyulan miktarın altına düşmesi nedeniyle meydana gelen kuraklık Hidrolojik Kuraklık; su kaynaklarındaki azlık neticesinde ekonomik ürünlerin taleplerinin arzdan fazla olmasıyla meydana gelen kuraklık Sosyoekonomik Kuraklık olarak tanımlanmaktadır [5-7].

Meteorolojik kuraklık, kuraklık sınıflandırılmasında bulunan kuraklıklar içerisinde ilk önce görülen kuraklık türüdür. Bu sebeple meteorolojik kuraklık analizi araştırmacılar tarafından yaygın olarak yapılmaktadır. Meteorolojik kuraklık analizinde farklı birçok indisler kullanılmakta, bu indislerde başta yağış ve sıcaklık olmak üzere evapotranspirasyon, potansiyel evapotranspirasyon, rüzgar hızı ve güneş radyasyonu gibi veriler kullanılmaktadır. Meteorolojik kuraklığın belirlenmesinde sıklıkla Standartlaştırılmış Yağış İndisi (SYİ) kullanılmakla birlikte, Aridity Anomali İndisi (AAİ), Ondalık Kuraklık İndisi (Dİ), Keşif Kuraklık İndisi (RDİ), Palmer Kuraklık Şiddeti İndisi (PDSİ), Standartlaştırılmış Yağış-Evapotranspirasyon İndisi (SPEİ) ve Tarımsal Kuraklık Referans İndisi (ARİD) gibi çok çeşitli indisler kullanılmaktadır [8,9].

Meteorolojik Kuraklık analizi çeşitli indisler kullanılarak birçok araştırmacı tarafından ülkemizin ve dünyanın farklı bölgeleri için yapılmıştır. Yüce vd. [4] Samsun için SYİ ve SPEİ yöntemleri ile kuraklık analizi yapmışlardır. En az tespit edilen çok şiddetli kuraklık olurken, en çok tespit edilenin normal kuraklık olduğunu ifade etmişlerdir. Ayrıca her iki yönteme göre de 1950 yılında uzun zaman devam eden kuraklık tespit etmişlerdir. Dinç vd. [2] Antalya'da bulunan sekiz meteoroloji istasyonunun yağış verileriyle SYİ yöntemi ile meteorolojik kuraklık analizi gerçekleştirdiklerini, SYİ değerlerine ait eğilimin normale yakın kurak olduğunu ve mevsimsel olarak incelemede hem kış mevsiminde hem de yaz mevsiminde kuraklık tespit edildiğini ifade etmişlerdir. Şener ve Şener [10] Çorak Gölü Havzası çevresinde bulunan altı meteoroloji istasyonun yağış verileri ile SYİ yöntemiyle kuraklık analizi yapmışlardır. Elde edilen sonuçlara göre, 2009 yılının en yağışlı yıl, 1989 ve 1990 yıllarının ise en kurak yıllar olduğunu söylemişlerdir. Ayrıca çalışma bölgesi için kuraklık haritaları oluşturmuşlardır. Keskiner vd. [11] Seyhan Havzası ve civarında bulunan 41 meteoroloji istasyonunun verilerini kullanarak SYİ yöntemiyle kuraklık analizi yapmışlardır. SYİ yönteminden elde edilen veriler ile Ordinary Cokriging yöntemini kullanarak 2 ve 10 yıl frekansındaki kuraklık haritalarını oluşturmuşlardır. Çalışma bölgesinin büyük bir bölümünde 10 yıl frekansındaki kuraklıkların görüldüğünü belirtmişlerdir.

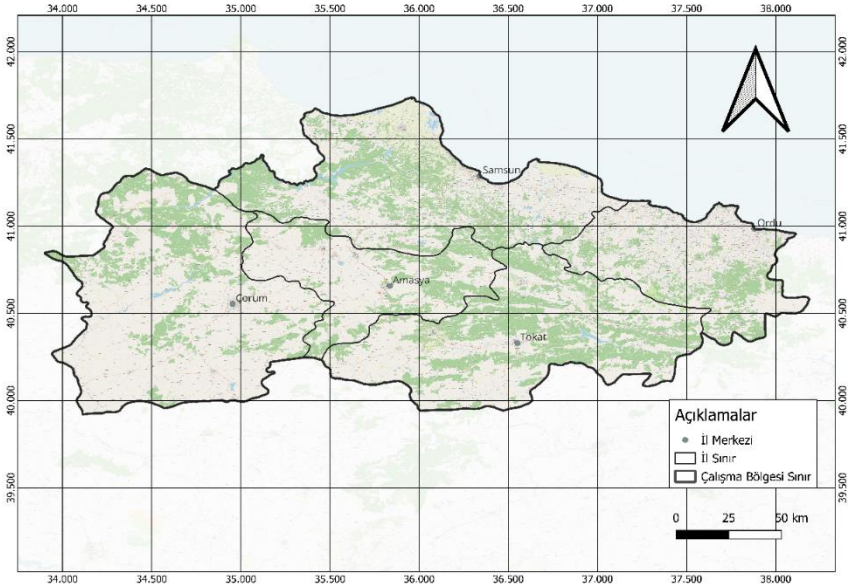
Bu çalışmada Karadeniz Bölgesi'nin Orta Karadeniz Bölümü'ndeki Samsun, Ordu, Amasya, Çorum ve Tokat illerinde Standartlaştırılmış Yağış İndisi (SYİ) ile Meteorolojik Kuraklıklar saptanmıştır. Çalışmada kullanılan meteoroloji istasyonlarının verileri ile elde edilen SYİ değerleri Coğrafi Bilgi Sistemleri ortamında Kriging ve Ters Uzaklık Ağırlıklı (Inverse Distance Weighted –IDW) enterpolasyon yöntemleriyle interpole edilerek kuraklık haritaları oluşturulmuştur.

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

2. MATERYAL VE YÖNTEM

2.1.Çalışma Bölgesi ve Veriler

Karadeniz Bölgesi'nin üç bölümünden biri olan Orta Karadeniz Bölümü'nün sınırları Ordu ilindeki melet çayından Sinop ilinin doğusuna kadar uzanır. Orta Karadeniz Bölümü, Doğu Karadeniz Bölümü'ne kıyasla güneye daha fazla inerek Amasya ilinin tamamını, Tokat ve Çorum illerinin büyük bir bölümünü ve Samsun ile Ordu illerini kapsar. Diğer iki bölüme kıyasla yer şekilleri daha sadedir. Bölümde dağların yükseltileri azalarak içeriye doğru çekilmesi sebebiyle ulaşım ve tarım oldukça gelişmiştir. Orta Karadeniz Bölümü, bölgenin en az yağış alan bölümü olmakla birlikte kıyı ile iç kesimlerinin arasında yağış farklılığın en az olduğu bölümdür [12]. Çalışma bölgesinin haritası Görsel 1'de verilmiştir.



Görsel 1. Çalışma bölgesi haritası

2.2. Standartlaştırılmış Yağış İndisi

Standartlaştırılmış Yağış İndisi (SYİ) ilk olarak McKee vd. [6] tarafından ileri sürülmüştür. SYİ temel olarak, belirlenmiş bir zamanda yağış verilerinin ortalamasından olan farkının standart sapmaya bölünerek hesaplanmaktadır. Boyutsuz serileri oluşturmak için kullanılan SYİ Denklem 1'de verilmiştir.

$$SYİ = \frac{X_i - X_{ort}}{\sigma} \quad (1)$$

Denklemde, Xi aylık yağış değerini, Xort uzun süreli yağış değerlerinin ortalamasını ve σ yağış değerlerinin standart sapmasını tanımlamaktadır [13]. Denklem 1'de verilen eşitle hesaplanan SYİ değerlerinin sınıflandırılması McKee vd. [6] tarafından Çizelge 1'de verildiği şekilde yapılmıştır.

Çizelge 1. SYİ değerlerinin sınıflandırması

SYİ Değerleri	Sınıflandırma

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

2.0 ve yukarısı	Çok Şiddetli Yağışlı
1.50– 1.99 arası	Şiddetli Yağışlı
1.00 – 1.49 arası	Orta Şiddetli Nemli
-0.99 – 0.99 arası	Normal
-1.00 – -1.49 arası	Orta Şiddetli Kurak
-1.50 – -1.99 arası	Şiddetli Kurak
-2.00 ve aşağısı	Çok Şiddetli Kurak

2.3. Kriging Yöntemi

Kriging enterpolasyon yönteminin temeli, bilinen yakın noktaların verilerinin kullanılmasıyla diğer noktaların en uygun değerinin tahmin edilmesi esasına dayanır [14,15]. Bu yöntem, geoistatistiksel bir yöntem olup konumsal tahmin gerçekleştirmek için geliştirilmiştir. Kriging bilinen en iyi doğrusal yansız tahminci ya da en iyi doğrusal yansız hesap edici olarak betimlenmektedir ki bu matematiksel jeodezide kollokasyon olarak ifade edilmektedir [16]. Kriging yönteminde kestirilen her bir nokta veya alan için bir varyans değeri hesap edilebilir, bu kestirilen değerin güven derecesinin bir ölüsüdür. Bu durum, enterpolasyon yöntemleri içerisinde kriging enterpolasyon yöntemini ayırt eden en önemli özellik olarak öne çıkmaktadır [15].

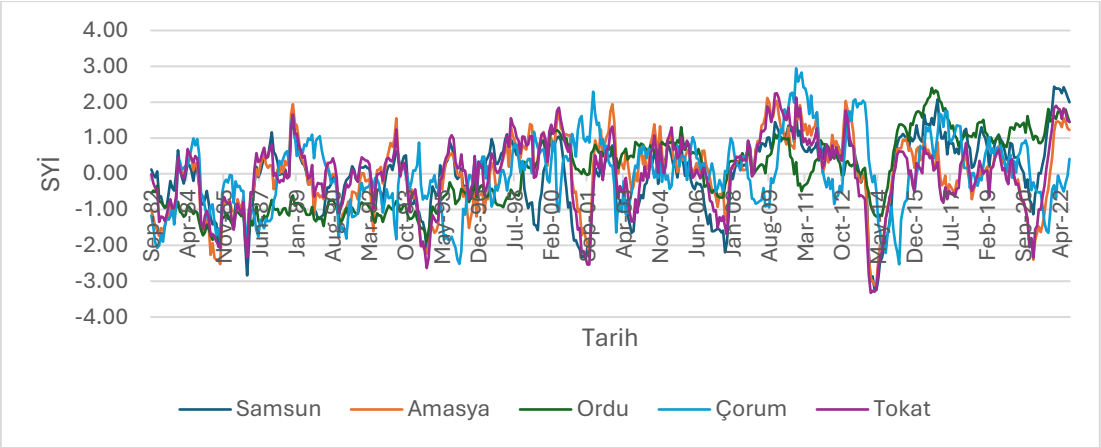
2.4. Ters Mesafe Ağırlıklı (Inverse Distance Weighting-IDW) Enterpolasyon Yöntemi

Ters Mesafe Ağırlıklı enterpolasyon yöntemi, jeoistatistik olmayan enterpolasyon yöntemlerinden en yayın olarak kullanılan yöntemdir. Yöntemin esası, bilinmeyen noktaların hücre değerlerini saptamak için bilinen numune noktalarının değerlerini kullanılmasına dayanır. Sadece komşu noktaları kullanarak kestirimler yaptığı için yerel bir ara değer kestirimi yapar. Enterpolasyon yapılacak yüzey üzerinde uzak noktalara oranla yakın noktaların daha fazla ağırlığa sahip olması yöntemin temelini oluşturur. Bu yöntem basit bir algoritma yapısına sahip olması ve programlama tekniği açısından uygun olması açısından belirli bir alanda sürekli değişim verilerin enterpolasyonun yapılmasında sıklıkla kullanılmaktadır [17].

3. ARAŞTIRMA BULGULARI

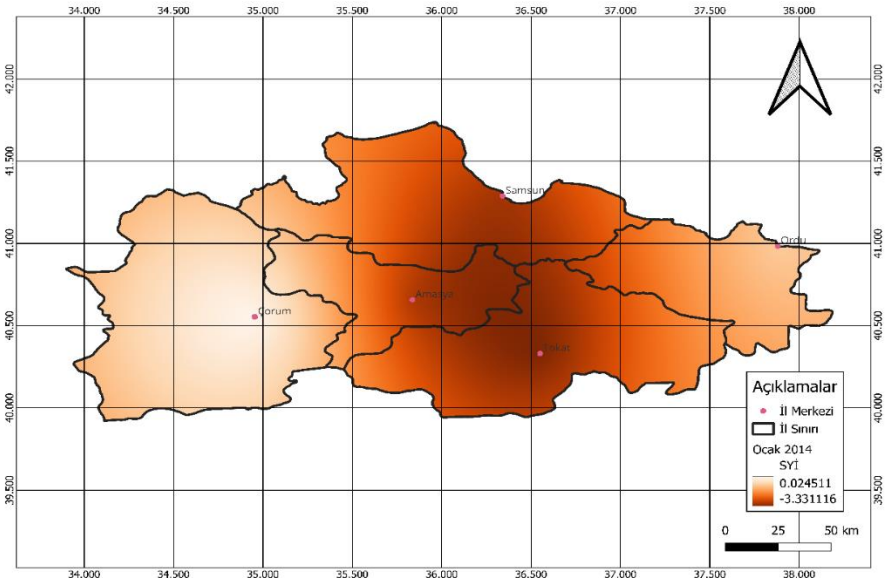
Bu çalışmada Orta Karadeniz Bölümü'nde bulunan Samsun, Ordu, Amasya, Çorum ve Tokat illerinin kuraklık haritaları IDW ve Kriging enterpolasyon yöntemleri ile oluşturulmuştur. Bunun için 1981-2022 yılları arasındaki aylık toplam yağışlar kullanılmıştır. İlk olarak bu illere ait 12 aylık standart yağış indisi (SYİ) değerleri hesaplanmıştır. Hesaplanan SYİ değerlerine ait zaman serisi grafiği Görsel 2'de verilmiştir.

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



Görsel 2. Orta Karadeniz Bölümünde bulunan şehirlerin 12 aylık SYİ değerleri

Görsel 2 incelendiğinde tüm illerde SYİ değerinin -3 ile +3 arasında değiştiği görülmektedir. SYİ değerinin çoğunlukla -0.99 ila +0.99 arasındadır. Bu da incelenen dönemde bölgedeki kuraklık sınıfının genellikle normal olduğunu göstermektedir. Samsun ilinde şiddetli kuraklık (SYİ<-2) toplamda 22 kez gözlemlenmiştir. En şiddetli kuraklık ise -3.25 SYİ değeri ile Nisan 2014 yılındadır. Amasya ilinde şiddetli kuraklık 17 kez gözlemlenirken, en şiddetli kuraklık -3.12 ile Mart 2014 yılındadır. Çorum'da toplamda 11 kez şiddetli kuraklık yaşanmıştır. En şiddetli kuraklık -2.53 ile Nisan 2015'tedir. Tokat'ta 21 kez şiddetli kuraklık yaşanmıştır. Bu ilde en şiddetli kuraklık -3.33 ile Ocak 2014'te gözlemlenmiştir. Ordu ilinde ise bu dönemde şiddetli kuraklık görülmemiştir. Daha sonra kuraklıkların zamansal ve mekânsal değişimlerini incelemek için beş ilin Ocak 2014'teki SYİ değerlerini kullanarak Kriging ve Ters Uzaklık Ağırlıklı (IDW) yöntemleri ile kuraklık haritaları oluşturulmuştur. Kriging ile oluşturulan harita Görsel 2'de, IDW ile oluşturulan harita ise Görsel 3'te verilmiştir.

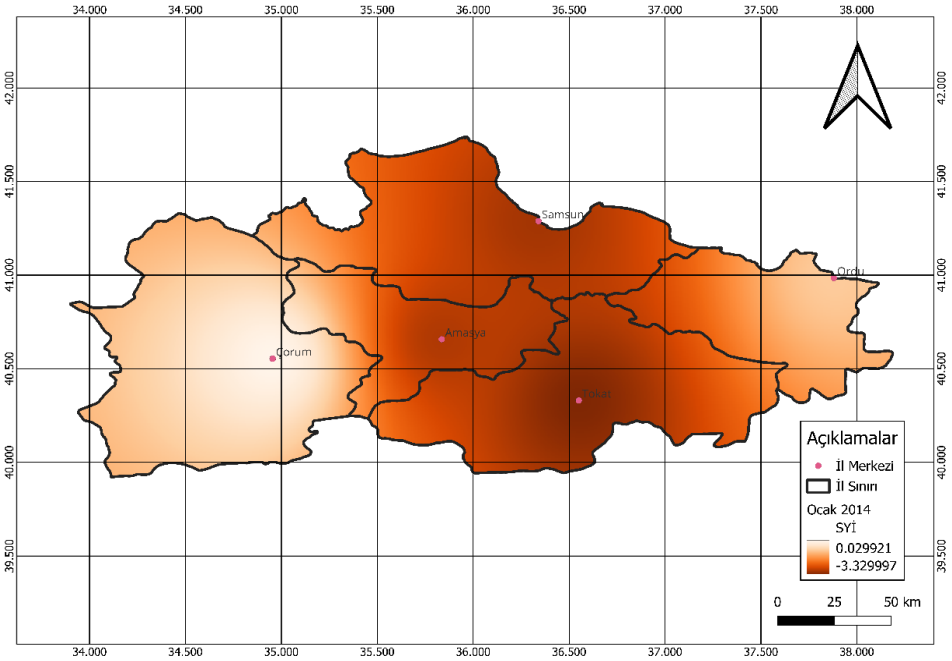


Görsel 2. Kriging yöntemi ile oluşturulan kuraklık haritası

Görsel 2'den Kriging yöntemi ile oluşturulan kuraklık haritası incelendiğinde SYİ değerlerinin 0.02 ila -3.33 olduğu anlaşılmaktadır. Amasya ve Tokat illerinde ciddi kuraklık koşulları olduğu

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

belirlenmiştir. Bu illerin SYİ değerleri -3.33 ila -2.50 arasındadır. Çorum ili, orta düzeyde negatif SYİ değerlerine sahip olup, kuraklık koşullarının Amasya ve Tokat illerine kıyasla daha az şiddetli olduğu gözlemlenmiştir. Samsun ve Ordu illeri, yağış eksikliğinin diğer illere göre daha düşük düzeyde olduğunu göstermektedir.



Görsel 3. IDW yöntemi ile oluşturulan kuraklık haritası

Görsel 3 incelendiğinde IDW yönteminde bölgedeki kuraklık değerlerinin 0.03 ila -3.33 arasında olduğu görülmektedir. Amasya ve Tokat illerinde, SYİ değerlerinin oldukça düşük olduğunu ve şiddetli kuraklık koşullarının bu bölgelerde yoğunlaştığını göstermektedir. Bu illerdeki SYİ değerleri Kriging yöntemi ile oluşturulan haritaya benzer çıkmıştır (SYİ değeri -3.33 ila -2.50 arasındadır). Çorum ilindeki Kuraklık şiddeti bu iki ile kıyasla daha düşüktür. Samsun ve Ordu illeri ise Ocak 2014 dönemindeki kuraklıktan en az etkilenen iller olmuştur.

4. SONUÇLAR

Bu çalışmada, Orta Karadeniz Bölümü'nde yer alan Samsun, Ordu, Amasya, Çorum ve Tokat illerinin kuraklık zamansal ve mekânsal olarak incelenmiştir. Kuraklıkların zamansal olarak incelenmesi için1981-2022 yılları arasındaki aylık yağış verilerine dayanarak hesaplanan 12 aylık Standart Yağış İndisi (SYİ) değerleri, bölgedeki kuraklık durumunu değerlendirmek için kullanılmıştır. SYİ analizine göre, bölgedeki kuraklık koşullarının genellikle normal sınırlarda olduğu, ancak zaman zaman şiddetli kuraklık olaylarının yaşandığı belirlenmiştir. Özellikle Ocak 2014 ve Nisan 2014 dönemleri, Tokat ve Amasya illerinden şiddetli kuraklıklar yaşanmıştır. Mekansal analizler için Ocak 2014 dönemine ait SYİ değerleri kullanılarak Kriging ve Ters Uzaklık Ağırlıklı (IDW) enterpolasyon yöntemleri ile kuraklık haritaları oluşturulmuştur.

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

Kriging ve IDW enterpolasyon yöntemleri ile oluşturulan kuraklık haritalarından, bölgedeki kuraklıkların dağılımının benzer olduğu görülmüştür. Bu dönemde her iki yöntemde de Amasya ve Tokat illerinde, şiddetli kuraklıkların yaşandığı belirlenmiştir. Buna karşın, Çorum ve Ordu illeri, Ocak 2014 dönemindeki kuraklık koşullarından en az etkilenen bölgeler olmuştur.

Bu bulgular, Orta Karadeniz Bölümü'nde kuraklık risk yönetimi ve su kaynakları planlaması için önemli veriler sağlamaktadır. Gelecekte yapılacak çalışmalarda, farklı enterpolasyon yöntemlerinin ve kuraklık indekslerinin karşılaştırılarak daha geniş bir perspektifle ele alınması önerilmektedir. Ayrıca, iklim değişikliği etkilerinin uzun vadeli projeksiyonlarla değerlendirilmesi, bölgedeki kuraklık yönetimine katkı sunacaktır.

KAYNAKÇA

[1] WMO. (1997). Extreme agrometeorological events 73, 182.
[2] Dinç, N., Aydinşakir, K., Işık, M., Büyüktaş, D. Standartlaştırılmış yağış indeksi (SPI) yöntemi ile Antalya ili kuraklık analizi, Derim, 33(2), 279-298, 2016.
[3] Thomas, J., Prasannakumar, V. Temporal analysis of rainfall (1871–2012) and drought characteristics over a tropical monsoon-dominated State (Kerala) of India, Journal of Hydrology, 534, 266-280, 2016.
[4] Yüce, M. İ., Aksoy, H., Aytek, A., Eşit, M., Uğur, F., Yaşa, İ., Şimşek, A., Deger, İ. H. SPI ve SPEI ile Samsun ili kuraklık analizi, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, 25(3), 285-295, 2022.
[5] Dracup, J. A., Lee, K. S., Paulson Jr, E. G. On the definition of droughts, Water resources research, 16(2), 297-302, 1980.
[6] McKee, T.B., Doesken, N.J., Kleist, J. *The relationship of drought frequency and duration to time scales*, In Proceedings of the 8th Conference on Applied Climatology, 1993.
[7] Hınıs, M. Bütünleşik kuraklık indeksi ile Aksarayda hidrometeorolojik kuraklık analizi, Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi, 28(4), 2013.
[8] Svoboda, M.D., Fuchs, B.A. *Handbook of drought indicators and indices*. (Vol. 2), World Meteorological Organization Geneva, Switzerland, 2016.
[9] Şener, E., Davraz, A. Yağış tabanlı farklı indisler kullanılarak meteorolojik kuraklık analizi: Isparta örneği, Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 12(Ek (Suppl.) 1), 404-418, 2021.
[10] Şener, E., Şener, Ş. Meteorolojik Kuraklığın Coğrafi Bilgi Sistemleri Tabanlı Zamansal Ve Konumsal Analizi: Çorak Gölü Havzası (Burdur-Türkiye) Örneği, Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi, 7(3), 596-607, 2019.
[11] Keskiner, A. D., Çetin, M., Uçan, M., Şimşek, M. Coğrafi bilgi sistemleri ortamında standardize yağış indeksi yöntemiyle olasılıklı meteorolojik kuraklık analizi: Seyhan Havzası örneği, Çukurova Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi, 31(2), 79-90, 2016.
[12] URL-1. Retrieved 25.11.2024 from https://www.cografya.gen.tr/egitim/bolgeler/karadeniz.htm, 2024

[13] Baykal, T., Taylan, D., Terzi, Ö. Isparta İli için Gelecekteki Olası Meteorolojik Kuraklık Değerlendirmesi, Doğal Afetler ve Çevre Dergisi, 9(1), 90-100, 2023.

[14] İnal, C., Turgut, B., Yiğit, C.Ö. *Lokal Alanlarda Jeoit Ondülasyonlarinin Belirlenmesinde Kullanılan Enterpolasyon Yöntemlerinin Karşılaştırılması*. Selçuk Üniversitesi Jeodezi ve Fotogrametri Mühendisliği öğretiminde 30. Yıl sempozyumu, 16-18 Ekim 2002

[15] Yaprak, S., Arslan, E. Kriging yöntemi ve geoit yüksekliklerin enterpolasyonu, Jeodezi ve Jeoinformasyon Dergisi(98), 36-42, 2008.

[16] Van Den Boogaart, K. G. Schaeben, H. Kriging of regionalized directions, axes, and orientations I. Directions and axes, Mathematical Geology, 34, 479-503, 2002.

[17] Yılmaz, M., Kuru, B. Makro ve Mikro Ölçekteki Lokal Jeoid Tespiti için Enterpolasyon Yöntemlerinin Karşılaştırılması, Geomatik, 4 (1), 41-48, 2019.

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

KRİPTO PARA YATIRIMLARINDA YATIRIMCILARIN KARARLARINI ETKİLEYEN FAKTÖRLERİN BULANIK AHP ve BULANIK TOPSİS YÖNTEMLERİYLE ARAŞTIRILMASI

Doç.Dr. Ayten YILMAZ YALÇINER
Sakarya Üniversitesi
ayteny@sakarya.edu.tr - 0000-0001-8160-812X

ÖZET

Yaşanan dijital dönüşüm ve küresel gelişmeler tüm alanlarda etkili olduğu gibi finans alanında da etkisini göstermekte, ödeme sistemleri gibi finansal sistemlerin temel unsurlarında da büyük değişikliklere sebep olmaktadır. Dünya ekonomisini etkileyen bir yenilik olarak görülen kripto paralar, yatırım yapmak isteyen insanların finansal kararlarını vermelerini de büyük oranda etkilemektedir. Kripto paraların ticaretinin yapıldığı kripto borsalarına yoğun ilgi de bunun önemli göstergelerindendir.

Bu çalışmada kripto para borsasında yatırım yapan yatırımcıların alımlarında kararlarını etkileyen faktörler araştırılmıştır. Bu faktörler çalışmada literatür araştırmasıyla desteklenerek belirlenmiştir. Bunlar; işlem gördüğü borsa sayısı, toplam piyasa değeri, işlem hacmi, en yüksek değerden değişim, 1 yıllık getiri, destekleyen kurum ve kuruluşlar, ortalama günlük değişim ve mainnet durumu olmak üzere 9 faktördür. Bu faktörler herhangi 5 kripto para kriter alarak değerlendirilmiştir. Bulanık AHP yöntemi yardımıyla ikili karşılaştırma yapılmış, bulunan kriter ağırlıkları kullanılarak Bulanık TOPSIS yöntemi ile bu alternatiflerin sıralaması yapılmıştır.

Anahtar kelimeler: Kripto Para, Yatırım, ÇKKV, Bulanık AHP, Bulanık TOPSIS.

1

[1] Bu çalışmada sunulanlar, yatırım tavsiyesi değildir, ÇKKV yöntemleri ile farklı alanlarda olduğu gibi yatırım kararında da destek alınabileceği gösterilmek istenmiştir.

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

1. GİRİŞ

Teknolojide yaşanan gelişmeler, önemli bir ticari bir araç olan paranın da değişim ve dönüşüm geçirmesine sebep olmaktadır. Yaşanan dijital dönüşüm ve küresel gelişmelerin finans alanında da etkisini göstermesi, ödeme sistemleri gibi finansal sistemlerin temel unsurlarında da büyük değişikliklere sebep olmaktadır. Dünya ekonomisini etkileyen bir yenilik olarak görülen kripto paralar, yatırım yapmak isteyen insanların finansal kararlarını vermelerini büyük oranda etkilemektedir. Kripto paraların ticaretinin yapıldığı kripto borsalarına yoğun ilgi de bunun önemli göstergelerindendir.

Kripto kısaca şifreli para demektir ve kök olarak acyripto ve currency kavramlarından oluşmaktadır. Kripto para türlerinden Ripple, Bitcoin, Litecoin gibi paralar fiziksel olarak gerçek paranın yaptığı işlemi görmektedir. (Turan, 2018). Kripto paralar şifrelenmiş para birimidir. Kripto paralar günümüzde adını fazlasıyla duyurmuş ve herkesin bildiği bir terim haline gelmiştir. Bu kripto paraların üretimi madencilik yoluyla sağlanmaktadır. Bu madencilik fiziksel anlama gelmemekle birlikte iyi bir işlemci ve internet sayesinde bilgisayar üzerinden bu madencilik işlemi yapılabilmektedir. En önemli ve ayırt edici özelliklerinden biri de merkezi yani bir bankası olmayışıdır. Bütün işlemler sanal ortamda yapılmaktadır. Mal ve hizmet alımı aracı olarak kullanılan kripto varlıklar yatırım, değer saklama, değer üretme aracı olarak da sıklıkla kullanılmaktadır (Han vd. 2021). Kripto paraların özellikle ödeme işlemlerinde kolaylık sağlaması, global erişime izin vermesi, işlem ücretlerinin düşük olması ve kullanıcıların kimliklerini koruma özellikleri gibi avantajlar sağlaması son zamanlarda popülerliğinin artmasına sebep olmuştur. Bunun yanında, bir merkezinin olmaması, korsan saldırı riskinin bulunması, denetimde ve kontrolde sıkıntılar yaşanabilmesi, illegal kapsamda (terörizm ve kaçakçılık gibi) finansman aracı olabileceği gibi pek çok eleştirel yönleri de bulunmaktadır (Özgün, 2024)
Kripto paralar, geleneksel finansal sistemlere bir alternatif olarak ortaya 2008 küresel finansal krizi sonrasında ortaya çıkmıştır. Dünya ekonomisini önemli ölçüde etkileyen bir inovasyon olarak kabul edilir. 1980'lerin sonlarında David Chaum'un çalışmaları ile başlayan, 1998'de Nick Szabo'nun çalışmaları ile devam eden ve Bitcoin 2009'da piyasaya sürülmesiyle kripto paralar vücut bulmuştur (Aktaş, 2023). Güvensizlik kapsamında yöneltilen eleştirilere dair Elmas ve Aydın (2021) yaptıkları çalışmada dijital paraların merkez bankaları gibi güvenilir kuruluşlar tarafından basılması durumunda bu sorunun ortadan kaldıralabileceğini ve tedirgin olan kişileri sisteme çekebileceğini belirtmişlerdir.

Kripto paralar için 90'lardan beri çok girişimde bulunulmuştur. 2009 yılının başlarında Satoshi Nakatomo adıyla ortaya çıkan kişi ilk kripto para olan Bitcoin'i geliştirdi (URL1). Bitcoin'in öyküsü, Satoshi Nakamato takma adı kullanılarak 2009'da yazılan "Bitcoin: A Peer-to-Peer Electronic Cash System" başlıklı makale ile başlamıştır (Çizmeci ve Göver, 2020). Uçkun ve Dal (2021) yaptıkları çalışmada kripto para yatırımcılarının risk toleransını ölçen bir anket uygulamışlardır. Narayanan ve arkadaşları (2016), anonim niteliğinden dolayı kötü niyetli kullanıcılar tarafından yasadışı ürünler/hizmetlerin takibi gerçekleştirilmeden ticaretini yapabilmeye izin vermesi ile de vergi kaçakçılığını önleyiciler için büyük endişe kaynağı olduğunu belirtmişlerdir. Aktaş'ın da belirttiği gibi, işlemlerin cüzdan adresleriyle tanımlanmasını sağladığından kullanıcı kimliklerinin gizli kalmasını sağlamıştır. Bu durum ülkeler tarafından endişe yaratan sorunlardan biri hâline gelmiştir (Aktaş, 2013) Çünkü kripto paralar, illegal faaliyetlerin kullanımına açık olabileceği gibi karanlık web siteleri, kripto paraları anonim olarak kullanarak yasa dışı mal ve hizmetlerin ticaretini de yapabilirdi.

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

Kripto platformları, Kripto paraların ticaretinin yapıldığı ve dijital varlıkların alım satımının gerçekleştirildiği platformlardır. Bu platformlar, kullanıcıların çeşitli kripto paraları satın alabilmelerine, satmalarına, takas etmelerine ve saklamalarına imkân tanıyan kripto ekosisteminin önemli bir parçasıdır. Kripto borsaları olarak da adlandırılırlar. Kripto borsaları farklı türlerde olabilir. Çevrim içi borsalar, web tabanlı borsalardır ve kullanıcılara internet üzerinden erişim sağlarlar. Kripto borsalarında birçok farklı işlem çifti (BTC/USD, ETH/BTC, ADA/EUR) bulunur. İşlem çiftleri, bir kripto paranın diğer bir kripto para veya başka bir para cinsi ile takas edilmesini ifade eder. Kripto paraların günümüzde en yaygın kullanımı bitcoindir. Bitcoin de diğer para birimleri gibi kur sistemine sahiptir. Bitcoinin diğer paralardan farkları, sigortalanmayan para olmasıdır. Bundan dolayı merkezi bir otoriteye bağlı değildir. Tamamen dijital bir para olan bitcoin, sınırlı bir kullanım alanına sahiptir (Turan 2018).

Önceki zamanlarda nakite çeviriminde zorlansa da şu an dünyanın birçok yerinde Bitcoin ile ödeme kabul edilmektedir. Bunun dışında nakite dönüştürme işlemi de kolaylaştırılmıştır. Türkiye'de var olan birtakım uygulamalar ile bir hesap açıp yatırımcılar işlemlerine başlayabilmektedir. Bazı yatırımcıların istediği zaman nakite çeviremeyeceği tedirginliği ile riskli bulduğu için yatırımı bu alanda düşünmediği gibi, bazı yatırımcılar da getirisinin yüksek olması sebebiyle her türlü riske rağmen kripto para ile yatırım yapmayı cazip bulmaktadır. Bu çalışmada kripto para yatırımcılarının yatırım yaparken dikkat edebileceği faktörleri belirlemek ve sıralamak amaçlanmıştır.

2. YÖNTEM

Kripto para borsasında yatırım yapan yatırımcıların alımlarında kararlarını etkileyen faktörler araştırılan çalışmada bu faktörler literatür araştırmasıyla desteklenerek belirlenmiştir. Bunlar; işlem gördüğü borsa sayısı, toplam piyasa değeri, işlem hacmi, en yüksek değerden değişim, 1 yıllık getiri, destekleyen kurum ve kuruluşlar, ortalama günlük değişim ve mainnet durumu olmak üzere 8 faktördür. Bu faktörler çok kriterli karar verme problemi altında alternatif olarak ele alınmıştır. Belirsiz 5 coin kriter olarak belirlenmiş ve bu kriterler üzerinde değerlendirme yapılmıştır. Yöntem olarak Bulanık AHP ve Bulanık TOPSİS yöntemleri kullanılarak yatırımcıların seçimlerinde kolaylık sağlamak hedeflenmiştir. Bu çalışmada belirlenen 8 alternatif ve 5 kriter Bulanık AHP yardımıyla ikili karşılaştırmalar yapılmıştır ve alternatiflerin ağırlıklarına ulaşılmak amaçlanmıştır. Bulunan kriter ağırlıkları kullanılarak Bulanık TOPSIS yöntemi ile bu alternatiflerin sıralaması yapılmıştır.

2.1.Çok Kriterli Karar Verme Yöntemi

Çok Kriterli Karar Verme yöntemleri çok sayıda kritere göre alternatiflerin avantaj ve dezavantajlarına göre değerlendiren yöntemlerdir. ÇKKV genellikle karar vermeye destek ve alternatif seçim veya seçimleri belirlemek için kullanılır. ÇKKV hayatın her alanında ve her düzeyde sıklıkla başvurulan bir yöntemler bütünüdür.

2.1.1. Bulanık AHP

Bulanık AHP dilsel yargıları çift yönlü karşılaştırma matrisleri şeklinde düzenleyen üçgensel bulanık sayılara dönüştürür. Bulanık AHP asıl olarak Van Laarhoven ve Pedrycz (1983) tarafından tanıtılmıştır. Bu yöntem Chang (1996) tarafından yazılmış "Application of the Extent

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

Analysis Method on Fuzzy AHP" isimli makaleye uzanır. AHP ile bulanık sayıları karşılaştırmak için geliştirilmiştir. Kolay ve kullanışlı bir yöntemdir. AHP de karar vericiler karar elemanlarının önem derecelerini belirlerken gerçek sayılardan oluşan ölçek kullanılır. Bu ölçek basittir lakin insandaki belirsiz düşünceleri ele almamaktadır. Bu sebeple "iyi", "daha iyi" gibi dilsel karşılaştırmalar daha verimli olduğu anlaşılmıştır. Bu sebeple AHP uygulamalarında dilsel değişkenler ve bunlara atanan bulanık sayılar daha tercih edilir duruma gelmiştir.

Çizelge1. Bulanık AHP değerlendirme

	Bulanık Ölçek	Karşılık Ölçek
Eşit Önem	1,1,1	1,1,1
	1,2,3	1/3, 1/2, 1
Biraz Daha Fazla Önemli	2,3,4	1/4, 1/3, 1/2
	3,4,5	1/5, 1/4, 1/3
Kuvvetli Derecede Önemli	4,5,6	1/6, 1/5, 1/4
	5,6,7	1/7, 1/6, 1,5
Çok Kuvvetli Derecede Önemli	6,7,8	1/8, 1/7, 1/6
	7,8,9	1/9, 1/8/, 1/7
Tamamıyla Önemli	8,9,9	1/9, 1/9, 1/8

2.1.2. BULANIK TOPSİS

Çok kriterli karar verme tekniklerinden birisi olan TOPSİS, ideal çözüme göre sıralama yöntemi olarak da bilinmektedir.. Bulanık TOPSİS dilsel olarak yapılmış değerlendirmeleri bulanık sayılara dönüştürerek çözüme ulaşma tekniğidir. Bu yöntemin amacı pozitif ideal çözüme en yakını ve negatif ideal çözüme en uzak çözümü bulmaktır. Yöntem sırasında karar vericiler bulunmaktadır. Bu karar vericiler kriterler ve alternatiflerle ilgili değerlendirme yapmaktadır. Bu değerlendirmeler bulanık sayılara dönüştürülür. Ardından alternatifler için yakınlık katsayısı hesaplanır. Bu yakınlık katsayılarıyla alternatifler sıralanarak çözüme ulaşılır.

Çizelge 2. Bulanık TOPSIS değerlendirme Çizelgesi

Sözel Değişken	**Üçgen Bulanık Sayı**
Çok Kötü (ÇK)	(0,0,1)
Kötü (K)	(0,1,3)
Biraz Kötü (BK)	(1,3,5)
Orta (O)	(3,5,7)
Biraz İyi (Bİ)	(5,7,9)
İyi (İ)	(7,9,10)
Çok İyi (Çİ)	(9,10,10)

3. UYGULAMA

Bu çalışmada başarılı bir yatırım için dikkat edilen 8 faktöre göre araştırma yapılmıştır. Bunlar belirsiz 5 coin kriter alınarak değerlendirilmiştir. Bu coinler, isim verilmeden A B C D E coini

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

olarak ifade edilecektir. Öncelikle kriterler kendi arasında ikili karşılaştırma yapılmıştır ve Çizelge1'e göre bulanık sayı karşılıklarıyla matris oluşturulmuştur (Çizelge3.).

Çizelge3. Kriterlerin ikili karşılaştırma matrisi

	A			B			C			D			E		
A	1,00	1,00	1,00	0,33	0,50	1,00	3,00	4,00	5,00	0,33	0,50	1,00	1,00	2,00	3,00
B	1,00	2,00	3,00	1,00	1,00	1,00	2,00	3,00	4,00	0,33	0,50	1,00	2,00	3,00	4,00
C	0,20	0,25	0,33	0,25	0,33	0,50	1,00	1,00	1,00	0,25	0,33	0,50	2,00	3,00	4,00
D	1,00	2,00	3,00	1,00	2,00	3,00	2,00	3,00	4,00	1,00	1,00	1,00	3,00	4,00	5,00
E	0,33	0,50	1,00	0,25	0,33	0,50	0,25	0,33	0,50	0,20	0,25	0,33	1,00	1,00	1,00

Ardından bulanık sentez değerleri hesaplanır. Burada A: M1, B:M2, C:M3, D:M4, E:M5 olarak ikili karşılaştırmalar yapılmıştır.

Çizelge4. Bulanık sentez değerleri hesabı

A	5,67	8,00	11,00		0,02013	0,02715	0,03886		0,11409	0,21719	0,4274611
B	6,33	9,50	13,00		0,02013	0,02715	0,03886		0,12752	0,25792	0,5051813
C	3,70	4,92	6,33	*	0,02013	0,02715	0,03886	=	0,0745	0,13348	0,246114
D	8,00	12,00	16,00		0,02013	0,02715	0,03886		0,16107	0,32579	0,6217617
E	2,03	2,42	3,33		0,02013	0,02715	0,03886		0,04094	0,06561	0,1295337

Ağırlık vektörü W= (0,7104, 0,8235, 0,3066, 1, 0) olarak bulunur. Normalize edilmiş ağırlık vektörü (0,25, 0,2899, 0,1079, 0,352, 0) olarak elde edilir.

Herbir kriter için yukarıdaki işlemler uygulanır.
Alternatiflerin normalize ağırlık vektörüyle kriter ağırlıkları çarpılarak alternatif ağırlıklarına ulaşılır.

Çizelge 5. Kriter ağırlıkları ile normalize vektörler çarpımı

A	B	C	D	E
0,087	0,112	0,1213	0	0,0134
0,2713	0	0,1998	0,403	0,1383
0,2472	0,006	0,2661	0,1213	0,33
0	0,2941	0,0196	0	0
0,3438	0	0,1985	0,297	0,3088
0	0,1235	0	0	0
0,0505	0,2186	0	0,1785	0,2093
0	0,2453	0,1943	0	0
*				
0,25	0,2899	0,1079	0,352	0

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

Çizelge 6. Bulanık AHP Alternatif ağırlıkları

İşlem gördüğü borsa sayısı	0,067307
Toplam piyasa değeri	0,231239
İşlem hacmi	0,134949
En yüksek değerden değişim	0,087374
1 yıllık getiri	0,211912
Destekleyen kurum ve kuruluşlar	0,035803
Ortalama günlük değişim	0,138829
Mainnet durumu	0,092077

Bulanık TOPSİS çözümü için;
Kriterler her alternatif için Çizelge1. e göre matris oluşturulmuştur.
Karar vericilerin ortalaması alınarak hazırlanmıştır.

Çizelge 7. Bulanık Karar matrisi

	İGBS			TPD			İH			EYDD			YG			DKK			OGD			MD		
A	5,00	7,00	9,00	8,00	9,00	10,00	7,00	9,00	10,00	3,00	5,00	7,00	9,00	10,00	10,00	1,00	3,00	4,00	3,00	5,00	7,00	1,00	3,00	5,00
B	3,00	5,00	7,00	1,00	3,00	5,00	2,00	3,00	5,00	9,00	10,00	10,00	2,00	3,00	5,00	3,00	5,00	7,00	8,00	9,00	10,00	7,00	9,00	10,00
C	5,00	7,00	9,00	7,00	9,00	10,00	9,00	10,00	10,00	3,00	5,00	7,00	7,00	9,00	10,00	0,00	1,00	3,00	1,00	3,00	5,00	6,00	8,00	9,00
D	3,00	5,00	7,00	9,00	10,00	10,00	5,00	7,00	9,00	1,00	3,00	5,00	7,00	9,00	10,00	1,00	3,00	5,00	5,00	7,00	9,00	0,00	1,00	3,00
E	1,00	3,00	5,00	1,00	3,00	5,00	9,00	10,00	10,00	1,00	3,00	5,00	7,00	9,00	10,00	1,00	3,00	5,00	5,00	7,00	9,00	0,00	1,00	3,00

- Bulanık Karar matrisi normalize bulanık karar matrisine dönüştürülür.
- Normalize edilmiş bulanık karar matrisi Bulanık AHP ile bulunan kriterlerin ağırlıkları ile çarpılarak ağırlıklı normalize bulanık karar matrisi elde edilir.
- Bulanık ideal pozitif çözüm ve bulanık negatif ideal çözüm bulunur.
- Ardından alternatiflerin ideal çözüme uzaklıkları hesaplanır.
- Yakınlık katsayıları hesaplanır ve sıralama yapılır.

Çizelge 8:Katsayılar

	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8
di'	0,537661	0,705285	0,622507	0,530995	0,690492	0,312379	0,625391	0,433018
di*	1,03203	0,28127	0,36847	0,45811	0,29525	0,68617	0,36708	0,56934
di'+di*	1,569691	0,986556	0,990984	0,989111	0,985746	0,998549	0,992475	1,002364
Cci	0,342527	0,714897	0,628171	0,536841	0,700477	0,312833	0,630133	0,431997

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

Çizelge 9. Bulanık TOPSIS ile Alternatifler sıralama Çizelgesi

Alternatifler	CCi	Sıralama
A1	0,3425	7
A2	0,7149	1
A3	0,6282	4
A4	0,5368	5
A5	0,7005	2
A6	0,3128	8
A7	0,6301	3
A8	0,432	6

Çizelge 10: Ağırlıklar

İşlem gördüğü borsa sayısı	0,067307
Toplam piyasa değeri	0,231239
İşlem hacmi	0,134949
En yüksek değerden değişim	0,087374
1 yıllık getiri	0,211912
Destekleyen kurum ve kuruluşlar	0,035803
Ortalama günlük değişim	0,138829
Mainnet durumu	0,092077

4. SONUÇLAR VE DEĞERLENDİRME

Kripto paralar, son yıllarda finansal dünyada büyük bir etki oluşturmuştur. Geleneksel finansal sisteme alternatif yeni bir varlık sınıfı ortaya çıkmıştır Dünya genelinde birçok insan, geleneksel bankacılık sistemlerine erişimde sınır yaşarken, kripto paralar ile birlikte internet bağlantısı olan herkesin finansal hizmetlere erişimi kolaylaşmıştır. Bu çalışmada günümüzde popüler hale gelen kripto para yatırımı ve bu yatırımda yatırımcıların karar verirken hangi faktörleri dikkate aldığı incelenmiştir. Yapılan çalışmada "işlem gördüğü borsa sayısı, toplam piyasa değeri, işlem hacmi, en yüksek değerden değişim, 1 yıllık getiri, destekleyen kurum ve kuruluşlar, ortalama günlük değişim ve mainnet" durumu olmak üzere 8 alternatif ele alınmıştır. Bu alternatifler Bulanık AHP ile ikili karşılaştırma yapılmış kriter ve alternatif ağırlık matrisi elde edilerek çözüme ulaşılmıştır. Ayrıca Bulanık AHP de elde edilen kriter ağırlıkları kullanılarak Bulanık TOPSİS de alternatif değerlendirmesi yapılmış, yakınlık katsayıları hesaplanarak sonuca ulaşılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre her iki yöntemde de dikkat

edilmesi gereken en önemli faktör toplam piyasa değeri olmuştur. Ardından iki yöntemde de 1 yıllık getiri toplam piyasa değerine yakın sonuç vermiştir.

Sonuç olarak Bulanık AHP ve Bulanık TOPSIS çözümlerine bakıldığında da iki yöntemde de benzer sonuçlar çıkmıştır. Çalışmaya göre yatırımcıların yatırım yaparken dikkat ettiği en önemli faktör toplam piyasa değeri olarak belirlenmiştir. 1 yıllık toplam getiri de ona yakın sonuç vermiştir. Çizelgelere bakıldığında en düşük çıkan sonucun destekleyen kurum ve kuruluşlar olduğu görülmektedir.

KAYNAKÇA

Aktaş, M. F. (2023) Dijital Dönüşümün Paradoksu: Kripto Paraların Küresel Etkisi, Tübitak Bilim ve Teknik Dergisi, Aralık 2023. https://bilimteknik.tubitak.gov.tr/system/files/makale/kripto_0.pdf (Erişim tarihi: 27.012.2024)

Chang, D.Y. (1996). Application of the Extent Analysis Method on Fuzzy AHP, European Journal of Operational Research, 95(3), 649-655.

Çizmeci, B., Göver, İ. H. (2020). Toplumlarda Fiziksel Paradan Dijital Paraya Geçiş: Bitcoin Örneği. Cumhuriyet Üniversitesi İktisadi Ve İdari Bilimler Dergisi, 21(2), 310-333. https://doi.org/10.37880/cumuiibf.672433

Elmas, B., Aydın, S. (2021). "Geçmişten Günümüze Paranın Tarihi: Fiziki Paradan Kripto Paraya", *Muhasebe ve Finans Tarihi Araştırmaları Dergisi*, 2021 Special Issue, 253-264. Retrieved from https://dergipark.org.tr/en/pub/muftad/issue/67792/1011433

Han, A. Arıkan, İ., Konat, N. (2021). "Türkiye'de ve Dünyada Sorunlu Kripto Para Ticareti Üzerine Bir Değerlendirme", *Uluslararası Ticaret ve Ekonomi Araştırmaları Dergisi*, 5(2), s:83-89.

Narayanan, A., Bonneau, J., Felten, E., Miller, A., Goldfeder, S. (2016), "Bitcoin and Cryptocurrency Technologies: A Comprehensive Introduction", Princeton University Press, Princeton.

Özgün, H.S. (2024). Kripto Para Kavramına Farklı Bakışlar ve İncelemeler. Uygulamalı Bilimler Fakültesi Dergisi, Cilt: 6, Sayı:1, ss. 1-19.

Turan, Z. (2018). Kripto Paralar, Bitcoin, Blockchain, Petro Gold, Dijital Para ve Kullanım Alanları. Ömer Halisdemir Üniversitesi İktisadi Ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi, 11(3), 1-5. https://doi.org/10.25287/ohuiibf.431283

Uçkun, N. ve Dal, L. (2021). "Kripto Para Yatırımcılarında Finansal Risk Toleransı", *Muhasebe ve Finansman Dergisi* , (89) , 155-170 . DOI: 10.25095/mufad.852118

Van Laarhoven, P. J. M., Pedrcyz, W. (1983). A Fuzzy Extension of Saaty's Priority Theory, Fuzzy Sets and Systems, 11, 229-241.

URL1: https://tr.wikipedia.org/wiki/Kripto_para#cite_note-7 (Erişim Tarihi: 28.12.2024)

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

SAĞLIK KURUMLARINDA TOPLAM KALİTE YÖNETİMİ VE HEMŞİRELERİN KALİTE ALGI DÜZEYİ: KIRŞEHİR EĞİTİM VE ARAŞTIRMA HASTANESİNDE BİR UYGULAMA

Yüksek Lisans Öğrencisi Şerife AYVA
Sivas Cumhuriyet Üniversitesi,
serife_bolat46@hotmail.com - 0009-0005-8906-9139

Dr.Öğr.Üyesi Abdullah MISIRLIOĞLU
Sivas Cumhuriyet Ünversitesi,
misirlioglu@cumhuriyet.edu.tr - 0000-0001-8520-7403

ÖZET

Bu tez, sağlık kurumlarında Toplam Kalite Yönetimi (TKY) uygulamalarının hemşireler üzerindeki etkilerini ve hemşirelerin kalite algı düzeylerini incelemeyi amaçlamaktadır. TKY, sağlık hizmetlerinin etkinliğini artırmak, hasta güvenliği ve memnuniyetini sağlamak için önemli bir yaklaşımdır. Sağlık kurumlarında kaliteyi sürdürülebilir kılmak, çalışanların kaliteye bakış açıları ve katkıları ile doğrudan ilişkilidir. Bu bağlamda, hemşirelerin TKY sürecine katılımı ve kalite algı düzeyleri, kurumun genel performansını belirleyen faktörler arasında yer almaktadır.

Araştırma kapsamında, Kırşehir Eğitim ve Araştırma Hastanesi'nde 2024 yılı Temmuz ayında görev yapan 205 hemşire üzerinde anket çalışmaları yapılmıştır. Anketler, personelin TKY'ye dair bilgi düzeylerini, kalite algılarını ve bu algıların mesleki tatmin ile ilişkisini ortaya koymayı hedeflemiştir. Ayrıca, hemşirelerin TKY'nin hasta bakım kalitesi üzerindeki etkisine dair değerlendirmeleri de incelenmiştir.

Elde edilen bulgular, hemşirelerin ve diğer sağlık personelinin TKY'yi algılama düzeylerinin, sağlık kurumlarındaki kalite süreçlerinin başarılı bir şekilde uygulanmasında kritik bir rol oynadığını göstermektedir. Katılımcıların önemli bir kısmı, TKY'nin hasta bakım kalitesini artırdığına inanmakta ve bu doğrultuda eğitimin ve farkındalık çalışmalarının önemine vurgu yapmaktadır. Sonuçlar, TKY süreçlerinin iyileştirilmesi ve hemşirelerin bu süreçlere aktif katılımının desteklenmesi gerektiğini belirtmektedir.

Anahtar Kelimeler: Kalite, Toplam Kalite Yönetimi, Sağlık Kurumları

1. GİRİŞ

Küreselleşen dünya, teknolojik gelişmeler ve sağlık hizmetlerine olan talebin sürekli artması, sağlık sektöründe kalite yönetiminin önemini her geçen gün daha da artırmaktadır. Sağlık kurumları, sınırlı kaynaklarla yüksek kaliteli, güvenli ve etkin sağlık hizmetleri sunmak zorundadır. Bu noktada, Toplam Kalite Yönetimi (TKY), sağlık hizmetlerinin kalitesini artırmak, hasta güvenliğini sağlamak ve çalışanların memnuniyetini yükseltmek amacıyla uygulanan bütüncül bir yönetim felsefesi olarak öne çıkmaktadır.

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

TKY, ilk olarak üretim sektöründe gelişmiş ve başarılı sonuçlar elde etmiştir. Ancak sağlık gibi insan odaklı hizmet sektörlerinde de TKY'nin uygulanması, hizmet kalitesini iyileştirmek, hasta memnuniyetini artırmak ve süreçlerin verimliliğini sağlamak açısından büyük önem taşımaktadır. TKY'nin temel ilkeleri arasında müşteri odaklılık, sürekli iyileştirme, çalışan katılımı, verilere dayalı karar verme ve liderlik yer almaktadır (Dağdelen, 2017). Sağlık sektöründe müşteri kavramı, yalnızca hastaları değil, aynı zamanda çalışanları ve diğer paydaşları da kapsamaktadır. Bu bağlamda, çalışanların özellikle hemşirelerin süreçlere katılımı ve kalite yönetimine yönelik algıları, sağlık hizmetlerinin başarılı bir şekilde sunulmasında kilit bir faktördür.

Hemşireler, sağlık hizmetlerinin ön safında yer alan ve hasta bakımı ile doğrudan ilişkili olan en önemli profesyonel gruplardan biridir. Bu nedenle, hemşirelerin TKY süreçlerine aktif katılımı ve kalite yönetimine yönelik algı düzeyleri, sağlık kurumlarının genel performansı üzerinde belirleyici bir etkiye sahiptir. Hemşirelerin TKY'yi ne ölçüde benimsedikleri, hasta bakım kalitesi, iş tatmini ve sağlık hizmetlerinin sürdürülebilirliği açısından kritik öneme sahiptir.

Bu çalışma, Kırşehir Eğitim ve Araştırma Hastanesi'nde çalışan hemşireler üzerinde yapılan anket sonuçlarına dayalı olarak, TKY uygulamalarının hemşirelerin kalite algıları üzerindeki etkisini incelemektedir. Çalışmada, hemşirelerin TKY'ye yönelik bilgi düzeyleri, kalite algıları ve bu algıların iş tatmini ve mesleki motivasyonları üzerindeki etkileri değerlendirilmektedir. Aynı zamanda, TKY'nin hasta bakım kalitesine olan yansımaları da ele alınmaktadır. Anket çalışması, 2024 yılı Temmuz ayında 205 hemşirenin katılımıyla gerçekleştirilmiştir ve elde edilen bulgular, sağlık hizmetlerinin kalitesini artırmaya yönelik veriler sunmaktadır.

Bu tezin temel amacı, hemşirelerin TKY sürecine katılım düzeylerini belirlemek ve TKY'nin, hemşirelerin mesleki performansı, hasta memnuniyeti ve kurum içi süreçler üzerindeki etkilerini değerlendirmektir. Ayrıca, TKY'nin sağlık kurumlarında başarılı bir şekilde uygulanabilmesi için hemşirelerin kalite yönetimine daha etkin katılım sağlamalarını teşvik edecek öneriler sunulmaktadır. Çalışmanın sonunda elde edilen bulgular doğrultusunda, TKY'nin sağlık hizmetleri kalitesini nasıl etkilediği ve bu süreçlerin iyileştirilmesi adına yapılması gerekenler üzerine çeşitli öneriler geliştirilmektedir.

Sonuç olarak, TKY'nin sağlık kurumlarında etkin bir şekilde uygulanmasının, yalnızca hasta memnuniyeti ve hizmet kalitesine değil, aynı zamanda hemşirelerin mesleki tatminine ve motivasyonuna da olumlu katkılar sunduğu öngörülmektedir. Bu doğrultuda, hemşirelerin kalite algı düzeylerinin yükseltilmesi ve TKY süreçlerine aktif katılımlarının sağlanması, sağlık hizmetlerinin sürdürülebilir kalitesinin temini açısından kritik bir faktör olarak değerlendirilmektedir.

2. SAĞLIK HİZMETLERİNDE TOPLAM KALİTE YÖNETİMİ

1950'li yıllarda üretim sektöründe başlayan kalite anlayışı, günümüzde pek çok farklı alanda önemli bir yer edinmiştir. Son yıllarda sağlık sektörü de bu konuda büyük adımlar atmış ve birçok sağlık kuruluşu, toplam kalite yönetimi ilkelerini uygulamak için "Kalite Birimi" kurmuştur. TKY'nin temel prensiplerinden biri müşteri odaklılıktır ve bu özellik, onu diğer yönetim yaklaşımlarından farklı kılar. TKY'de müşteri, iki ana gruptan oluşur: iç müşteri (çalışanlar) ve dış müşteri (sağlık hizmeti alan kişiler). Sağlık hizmetlerinde iç müşteri,

hekimler, hemşireler ve diğer sağlık personelini; dış müşteri ise hastalar ve onların yakınlarını ifade eder. (Oksay, 2016:190) .

Sağlık hizmetlerinde toplam kalite yönetimi, hasta memnuniyeti ve bakım kalitesini sürekli iyileştirmeyi hedefleyen, sağlık organizasyonlarının tüm seviyelerinde uygulanan bir yönetim felsefesidir. TKY'nin sağlık hizmetlerindeki temel amaçları arasında hasta güvenliğini sağlamak, hataları ve israfı minimize etmek, kaynakların verimli kullanılmasını sağlamak ve çalışanların iş süreçlerine katılımını artırmak yer alabilir.

Toplam kalite yönetimi anlayışıyla çalışan hastaneler, müşteri hizmetlerine daha çok önem vermeye başlamışlardır. Eskiden yalnızca hastalar sağlık hizmetlerinin müşterisi olarak kabul ediliyordu fakat artık sağlık hizmetleriyle etkileşimde bulunan herkes müşteri olarak değerlendirilmektedir. Sağlık hizmetlerinde TKY uygulamalarının önemli bir unsuru, örgütün kendi eksikliklerini fark etmesi ve bu eksiklikleri tanımlayarak hizmet kalitesini artırmak için müşterilerinden geri bildirim alarak planlama ve iyileştirme çalışmalarına yönelmesidir (Ed. Peker ve ark. 1999:134-135).

3. METODOLOJİ

2.1. Araştırmanın Amacı

Bu çalışmanın amacı, sağlık kurumlarında Toplam Kalite Yönetimi (TKY) ilkelerinin hemşirelerin kalite algı düzeyi üzerindeki etkilerini incelemektir. Kırşehir Eğitim ve Araştırma Hastanesi'nde gerçekleştirilen bu uygulamada, liderlik, müşteri odaklılık, sürekli iyileşme, takım çalışması, tedarikçi kalitesinin yönetimi, eğitim, ürün tasarımı ve süreç yönetimi gibi TKY ilkelerinin hemşirelerin algıladığı kalite düzeyine katkıları detaylı olarak değerlendirilmiştir. Araştırma, bu ilkelerin hemşireler üzerindeki etkilerini ortaya koymayı ve sağlık hizmetlerinin kalitesini artırmada hemşirelerin rolünü daha iyi anlamayı hedeflemektedir.

2.2. Araştırmanın Verileri ve Ölçek

Araştırmanın verileri, Kırşehir Eğitim ve Araştırma Hastanesi'nde çalışan hemşireler arasından toplanmıştır. Araştırmanın evrenini, hastanenin merkez yerleşkesinde aktif olarak görev yapan toplam 396 hemşire oluşturmaktadır. Örneklem, bilinen evren örneklem hesaplama formülü kullanılarak belirlenmiş olup, %5 hata payı ve %95 güven aralığı dikkate alınarak 196 hemşire olarak hesaplanmıştır. Evrenin tamamına ulaşma hedefiyle yapılan çalışmada, araştırmaya katılma kriterlerini karşılayan ve katılım konusunda gönüllü olan 205 hemşire araştırmanın örneklemi olarak belirlenmiştir. Araştırmaya dahil olma kriterleri, hemşirelik bölümü mezunu olmak ve araştırmaya gönüllü olarak katılmaktır.

Araştırma kesitsel ve tanımlayıcı niteliktedir. Veriler anket yöntemi kullanarak toplanmıştır. Kullanılan anket formunda yer alan bilgiler aşağıdaki gibidir:

1. Kişisel Bilgi Formu: Bu form, araştırmacıların literatür taraması sonucu oluşturulmuş olup içerisinde, hemşirelerin; yaş, cinsiyet, eğitim düzeyi, medeni durum gibi bazı sosyo-demografik bilgileri ve meslek, çalıştığı birim, çalışma süresi gibi işe ilişkin faktörler olarak toplam 8 soru bulunmaktadır (Özfidancı, 2019).
2. Toplam Kalite Yönetimi Algısı Anket Formu: Bu form ise hemşirelerin toplam kalite yönetimine ilişkin algı düzeylerini ölçmeyi sağlayan ve 51 sorudan oluşan bir anket formudur.

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

Anket 9 bölümden oluşmaktadır. Bunlar; Müşteri odaklılık, Liderlik, Sürekli İyileşme, Takım çalışması, Tedarikçi kalitesinin yönetimi, Eğitim, Ürün tasarımı, Süreçlerin yönetimi şeklindedir. Anket Formu, Ustasüleyman (2011) tarafından geliştirilmiş ve yayınlanmıştır. Özfidancı (2019) tarafından sağlığa uyarlanmıştır.

Anket çalışmaları sonucunda, 205 katılımcıdan geri dönüş alınmış ve bu veriler analiz için kullanılmıştır. Bu katılımcılardan elde edilen veriler, araştırmanın temelini oluşturarak, sağlık kurumlarında TKY ilkelerinin hemşirelerin kalite algı düzeyi üzerindeki etkilerini değerlendirmek amacıyla incelenmiştir.

Araştırmanın gerçekleştirilmesi için, Kırşehir Eğitim ve Araştırma Hastanesi Başhekimliği ve Kırşehir İl Sağlık Müdürlüğü'nden gerekli izinler alınmış, ayrıca Sivas Cumhuriyet Üniversitesi Girişimsel Olmayan Klinik Araştırmalar Etik Kurulu'ndan etik kurul onayı (Ek-1) temin edilmiştir. Araştırmanın evrenini oluşturan 396 hemşireye, araştırmacılar tarafından yazılı ve sözlü bilgilendirme yapılmıştır. Araştırmaya katılımın tamamen gönüllülük esasına dayandığı vurgulanmış ve bu doğrultuda 191 hemşire araştırmaya katılmayı reddetmiştir. Araştırma kriterlerini karşılayan hemşirelere veri toplama formları araştırmacı tarafından yüz yüze iletilmiştir. Toplam 58 sorudan oluşan anket formunun cevaplanması, ortalama 10-15 dakika sürmüştür.

3. SONUÇLAR VE DEĞERLENDİRME

Bu çalışmada, sağlık kurumlarında TKY ilkelerinin hemşirelerin kalite algı düzeyi üzerindeki etkileri incelenmiştir. Kırşehir Eğitim ve Araştırma Hastanesi'nde gerçekleştirilen bu uygulamada, liderlik, müşteri odaklılık, sürekli iyileşme, takım çalışması, tedarikçi kalitesinin yönetimi, eğitim, ürün tasarımı ve süreç yönetimi gibi TKY ilkelerinin hemşirelerin algıladığı kalite düzeyine katkıları detaylı olarak değerlendirilmiştir.

Bulgulara göre, hastane çalışanlarının TKY algısı ile demografik faktörler (cinsiyet, medeni durum, yaş, eğitim durumu, çalışma süresi) arasında anlamlı bir farklılık bulunmamıştır. Ancak, kalite eğitimi alma durumu, TKY algısını etkileyen önemli bir faktördür ve bu algıyı artırabileceği düşünülmektedir.

Müşteri odaklılık faaliyetlerinin hemşirelerin performansını olumlu şekilde etkilediği, üst yönetimin liderlik faaliyetlerinin hemşirelerin kalite algısını artırdığı, sürekli iyileştirme faaliyetlerinin kalite algısını geliştirdiği ve takım çalışması faaliyetlerinin iş tatminini artırdığı görülmüştür. Ayrıca, tedarikçi kalitesi yönetimi faaliyetlerinin hastane hizmet kalitesini ve hemşirelere yönelik eğitim faaliyetlerinin hemşirelerin kalite algısını artırdığı tespit edilmiştir. Hizmet süreçlerinin yönetimi de hemşirelerin iş verimliliğini olumlu yönde etkilemektedir.

Araştırma sonucuna göre hemşirelerin kalite algısını güçlendirmek amacıyla verilen düzenli TKY eğitimlerinde özellikle liderlik, çalışan katılımı ve sürekli iyileştirme gibi kritik unsurlara odaklanılmalıdır. Hastane yönetiminin, hemşirelerin karar süreçlerine daha aktif katılımını sağlayacak mekanizmalar oluşturması ve çalışanları destekleyen liderlik yaklaşımları geliştirmesi önem arz etmektedir. Ayrıca, sürekli iyileştirme kültürünün kurumsal olarak benimsenmesi için ekip çalışmaları teşvik edilmeli ve geri bildirim mekanizmaları daha etkin hale getirilmelidir.

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

KAYNAKÇA

1. Dağdelen, O., *Toplam Kalite Yönetimi*, Gazi Kitabevi, Ankara, 2017.
2. Özfidancı, S., *Hastane Çalışanlarının Toplam Kalite Yönetimi Uygulamalarına İlişkin Algı Düzeyleri: Sivas Cumhuriyet Üniversitesi Örneği*, Cumhuriyet Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Yüksel Lisans Tezi, Sivas, 2019.
3. Ustasüleyman, T. (2011), Toplam Kalite Yönetimi Uygulamalarının Firma Performansı Üzerine Etkisi: Türkiye'nin 500 Büyük Firmasına Yönelik Bir Araştırma. **https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/287339** (Erişim Tarihi: 05.01.2024)
4. Oksay, A. (2016), Sağlık Hizmetlerinde Kalite Tam Olarak Ne Demek?, Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, Cilt.8 Sayı.14 (s. 181-192) (Erişim Tarihi: 16.09.2024).
5. Ed. Peker, Ö., Savaşkan Durak, N., Gümüşsuyu, Ç. ve Akdoğan, A.A., *Kamu Yönetiminde Kalite I. Ulusal Kongresi II. Cilt*, TODAİE Masa Üstü Yayıncılık, Ankara (1999).

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

THE IMPACT OF DIGITAL BURNOUT ON EMPATHY ABILITY IN NURSING STUDENTS

Melike TAŞDELEN BAŞ[1], Funda ÖZPULAT[2],

[1]Selcuk University Aksehir KadirYallagoz Health School, Konya, Turkey
ORCID ID: https://orcid.org/0000-0002-2389-7696
meliketbas@gmail.com, +90 505 705 84 99
[2]Selcuk University Aksehir KadirYallagoz Health School, Konya, Turkey
ORCID ID: https://orcid.org/0000-0002-1789-6216
fozpulat@selcuk.edu.tr, +90 534 576 76 12

Özet

Dijitalleşmenin hız kazanması, bireylerin teknolojiyle etkileşim biçimlerini değiştirmiş ve bu durum, eğitim ve meslek hayatında derin etkiler yaratmıştır. Bu çalışma, dijital tükenmişliğin hemşirelik öğrencilerinin empati düzeyleri üzerindeki etkilerini incelemektedir. Araştırma, 10-20 Aralık 2024 tarihleri arasında 239 hemşirelik öğrencisi ile gerçekleştirilmiştir. Katılımcıların yaş ortalaması 20,69±2,64'tür. Araştırmada Toronto Empati Ölçeği ve Dijital Tükenmişlik Ölçeği kullanılmış, öğrencilerin dijital tükenmişlik düzeyleri ile empati becerileri arasındaki ilişki değerlendirilmiştir.

Sonuçlar, dijital tükenmişlik ile empati arasında negatif bir ilişki olduğunu ortaya koymuştur ($r = -0,158$, $p = 0,015$). Dijital tükenmişlik alt boyutlarından dijital yoksunluk ($r = -0,196$, $p = 0,002$) ve dijital tükenme ($r = -0,137$, $p = 0,034$) düzeylerinin artması, empati puanlarında belirgin bir düşüşe yol açmaktadır. Araştırma ayrıca, uzun süreli internet ve sosyal medya kullanımının dijital tükenmişlik puanlarını artırdığını göstermiştir ($\eta^2 = 0,114$). Bu durum, öğrencilerin hem akademik hem de duygusal becerilerinin zarar görmesine neden olmaktadır.

Çalışmada, dijitalleşmenin yoğun etkileri nedeniyle, öğrencilerin duygusal farkındalığında ve empatik becerilerinde azalma olduğu gözlemlenmiştir. Hemşirelik mesleği, empati ve insan odaklı bakım gerektiren bir alan olduğundan, bu durumun mesleki yeterlilikler üzerindeki olumsuz etkileri vurgulanmıştır. Dijital tükenmişlik, yalnızca bireysel performansı değil, aynı zamanda hasta bakım kalitesini de etkileyebilecek bir sorundur.

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

Bu bulgular ışığında, hemşirelik eğitiminde dijital teknolojilerin dengeli kullanımını sağlamak için stratejiler geliştirilmesi önerilmektedir. Dijital detoks ve farkındalık eğitimleri gibi uygulamalar, dijital tükenmişliği azaltarak empati becerilerinin korunmasına yardımcı olabilir. Gelecekte yapılacak çalışmalar, dijital tükenmişliğin uzun vadeli etkilerini ve bu sorunu hafifletmeye yönelik müdahalelerin etkinliğini araştırmalıdır.

Anahtar kelimeler: *Dijital Tükenmişlik, Empati, Hemşirelik Eğitimi, Sosyal Medya Kullanımı, Dijital Yoksunluk*

Abstract

The acceleration of digitalization has altered the ways individuals interact with technology, creating profound effects on both education and professional life. This study examines the impact of digital burnout on the empathy levels of nursing students. The research was conducted with 239 nursing students between December 10-20, 2024, with an average age of 20.69±2.64. The study utilized the Toronto Empathy Scale and the Digital Burnout Scale to evaluate the relationship between students' levels of digital burnout and their empathy skills.

The results revealed a negative correlation between digital burnout and empathy ($r = -0.158$, $p = 0.015$). Increased levels of digital deprivation ($r = -0.196$, $p = 0.002$) and digital exhaustion ($r = -0.137$, $p = 0.034$) were found to lead to a significant decrease in empathy scores. The study also demonstrated that prolonged use of the internet and social media increased digital burnout scores ($\eta^2 = 0.114$). This situation negatively impacts both academic and emotional skills of the students.

The study observed a reduction in students' emotional awareness and empathic skills due to the intense effects of digitalization. Since the nursing profession requires empathy and human-centered care, the negative effects on professional competencies were emphasized. Digital burnout is a problem that can affect not only individual performance but also the quality of patient care.

In light of these findings, it is suggested that strategies be developed to ensure the balanced use of digital technologies in nursing education. Practices such as digital detox and awareness training may help reduce digital burnout and preserve empathy skills. Future studies should investigate the long-term effects of digital burnout and the effectiveness of interventions to mitigate this issue.

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

Keywords : *Digital Burnout , Empathy , Nursing Education , Social Media Usage , Digital Deprivation*

INTRODUCTION

Digital burnout is an important problem in the healthcare field, as in every field in today's technological world. Especially with the pandemic process, nursing education has also been rapidly transferred to digital platforms, and distance education, digital course materials, and being constantly online have become widespread. This process has increased nursing students' dependence on technology in education and, as a result, has led to an increase in digital burnout cases (El Sayed et al., 2024) . Digital burnout is a process in which individuals experience a loss of mental and physical energy due to technology use and their functionality decreases (Turan et al., 2024). It is known that such burnout symptoms are more common in individuals with intensive education programs, such as nursing students (Durmuş et al., 2022). Studies examining the relationship between digital burnout and emotional skills in the literature reveal that digitalization can weaken individuals' emotional sensitivities and social relationships. It is emphasized that emotional abilities, such as empathy, can weaken as a result of excessive dependence on technology (Lee et al., 2022). In the context of nursing education, students' inability to interact one-on-one with patients and develop empathic communication may cause these skills to be insufficiently developed. This may lead to education provided on digital platforms being limited to information transfer only, and critical nursing skills such as empathy being overshadowed (Özer et al., 2023).

In addition, developing empathy skills during nursing education is of vital importance to achieve effective results in patient care. Understanding the emotional needs of patients and responding to them appropriately is one of the basic roles of nurses. However, recent studies show that nursing students studying on digital platforms exhibit lower empathy levels compared to face-to-face education (Lee et al., 2022; Juan & O'Connel , 2024). In these studies, it has been reported that digital burnout negatively affects students' social relationships and emotional awareness.

In light of all this literature, the negative effects of digital burnout on nursing students need to be examined in more depth. In particular, how a critical skill for the nursing profession, such as empathy , is affected in digitalized education processes can be an important area of research

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

for both educators and health services. The aim of this study is to examine the effect of digital burnout on empathy in student nurses.

METHOD

The research is descriptive in type. The research was conducted with first, second, third and fourth year students continuing their education in the Nursing Undergraduate program. The data of the research was collected face to face between December 10-20, 2024. The research universe consists of 450 people and the number of students included in the sample is 239. The inclusion criteria included being an undergraduate student continuing the nursing program at the specified school. This research will be conducted taking into account the Helsinki Declaration Principles. After obtaining the approval of the Ethics Committee, the data of the research was applied in the form of a face-to -face survey. A personal information form consisting of 7 questions, the Toronto Empathy Scale, and the Digital Burnout Scale were applied to all participants.

Data Collection Forms

Personal Information form is a form consisting of 7 questions prepared by the researchers.

Toronto Empathy Scale: The Toronto Empathy Scale was developed by Spreng , Kinnon , Mar, and Levine in 2009 to determine the empathy levels of individuals. It is a Likert- type scale developed (Spreng et al., 2009). The Turkish adaptation was made by Totan , Doğan and Sapmaz in 2012 (Totan et al., 2012). The scale is one-dimensional and consists of 13 items and is evaluated as a 5-point Likert (1- not at all appropriate , 5-completely appropriate) . 8 of the items (1, 3, 5, 7, 8, 9, 11, 12) are reverse items. The lowest score obtained from the scale is 13, and the highest score is 65. High scores indicate a higher level of empathy. high It means that the scale is Construct validity during Turkish adaptation for confirmatory factor analysis was performed and the fit index values were As a result of this analysis, the fit index values were found to be at a sufficient level . and the factor structure of the original form is Turkish in the sample (698 university student) was confirmed ($\chi 2$= 234.67, df = 64, $\chi 2$/ df = 3.67, NFI= .91, GFI= .94, RFI= .90, IFI= .94, CFI= .94, RMSEA= .07, RMR= .05). Cronbach's alpha coefficient of consistency of the scale was calculated as .79 .

Digital Burnout Scale:

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

Erten and Özdemir (2020) stated that individuals experience digital burnout "Digital Burnout" aims to determine the levels of Scale " is a 3-dimensional, 24-item, 5-point Likert type. Digital burnout The sub-dimensions of the scale are defined as *"Digital Aging ", "Digital Deprivation"* and *"Emotional Exhaustion "* . The lowest score that can be obtained from the scale is "24" and the highest score is "120" (Erten & Özdemir, 2020).

Statistical analysis

The data were analyzed using the Statistical Package for Social Sciences (IBM SPSS Corp; Armonk, NY, USA, v. 22.0). In the study, digital burnout levels were analyzed in terms of factors such as demographic characteristics, internet and social media usage time. The data were evaluated with methods such as t-test, ANOVA and Pearson correlation analysis for independent samples, and multiple comparisons were made with Bonferroni correction. The statistical significance of the results was supported by calculating effect sizes.

Ethical Approval

This study was reviewed and approved by the Local Ethics Committee at the meeting held on December 3, 2024. The decision of the The committee is documented under the number 2024/600.

RESULTS

The study examined the demographic characteristics, internet and digital device usage habits, and digital burnout levels of the participants. Details are provided in Table 1. The results are summarized below:

- **Participants:** A total of 239 people (72.4% female, 27.6% male) participated in the study.
- **Age Distribution:** The ages of the participants ranged from 17 to 42, and the mean age was 20.69±2.64.
- **Class Distribution:** 22.6% of the participants were in the first year, 30.5% were in the second year, 23.1% were in the third year, and 23.8% were in the fourth year.
- **Reason for Receiving Nursing Education:** 64.9% of the participants chose the education by their own will, 25.5% by family request, and 9.6% for other reasons.

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

Table 1. Socio-demographic Characteristics of the Participants

Class	n(%)
1.00	54(22.6)
2.00	73(30.5)
3.00	55(23.1)
4.00	57(23.8)
Age (Min: 17 **, Max :** 42 **; Arit . Mean :** 20.69±2.64)	
17 years old	7(2.9)
18 years old	23(9.6)
19 years old	31(13.0)
20 years old	64(26.8)
21 years old	48(20.1)
22 years old	38(15.9)
23 years old	20(8.3)
24 years old	4(1.7)
Ages 27 and over	4(1.7)
Gender	
Woman	173(72.4)
Male	66(27.6)
Reasons for Studying Nursing	
His own will	155(64.9)
Family request	61(25.5)
Other	23(9.6)

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

Internet usage	
0-2 hours	24(10.0)
3-5 hours	117(49.0)
6-8 hours	78(32.6)
9 hours and above	20(8.4)
Total	239(100)
Purpose of Using Digital Devices	
Social media	218(32.2)
Research	144(21.2)
Education/homework	179(26.4)
Games	130(19.2)
Other	7(1.0)
Total	678(100)
Social media usage time	
1.00	19(8.1)
2.00	50(21.3)
3.00	50(21.3)
4.00	39(16.6)
5.00	35(14.9)
6.00	21(8,9)
7.00	9(3.8)
8.00	8(3,4)
9.00	4(1.7)
Total	235(100.0)
Duration of use for educational purposes	
,00	2(,9)
1.00	124(55.1)
2.00	67(29.8)
3.00	19(8.4)
4.00	8(3.6)
5.00	4(1.8)
6.00	1(,4)

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

Total	225(100.0)
Other usage period	
,00	3(2,4)
1.00	39(31.5)
2.00	36(29.0)
3.00	25(20.2)
4.00	11(8,9)
5.00	7(5,6)
6.00	2(1.6)
7.00	1(,8)
Total	124(100.0)

Table 2. Scores of the Toronto Empathy Scale and Digital Burnout Scale with Subdimensions

SCALES AND THEIR SUB-DIMENSIONS	Min.- Max	Mean
Digital Depreciation	12-60	34.26±10.59
Digital Deprivation	6-30	15.69±6.22
Digital Exhaustion	6-30	17.32±5.90
Digital Burnout Scale Total	24-118	67.27±19.37
Toronto Empathy Scale Total	19-65	51.61±8.59

Table 3. Comparison of Socio-demographic Results with Toronto Empathy Scale and Digital Burnout Scale Scores

Class	**Digital Depreciation**	**Digital Deprivation**	**Digital Exhaustion**	**Digital Burnout Scale Total**	**Toronto Empathy Scale Total**
	M±SD	M±SD	M±SD	M±SD	M±SD
1.00	33.50±9.63	16.13±4.76	16.82±5.04	66.44±16.82	51.74±6.73
2.00	35.56±11.19	16.81±6.80	17.51±6.01	69.88±20.66	50.99±9.09
3.00	34.31±12.11	15.46±7.03	17.18±6.82	66.95±22.47	50.42±9.74
4.00	33.25±9.09	14.09±5.58	17.68±5.68	65.02±16.61	53.42±8.25
	F(3.235)= .632. p=.595. η2=.008	F(3.235)= 2.199. p=.089. η2=.027	F(3.235)= .236. p=.871. η2=.003	F(3.235)= .733. p=.533. η2=.009	F(3.235)= 1.335. p=.264. η2=.017
Age					
17-21 years old	34.57±10.70	16.11±6.15	17.21±5.96	67.89±19.62	51.44±8.50

22-26 years old	33.76±10.30	14.73±6.36	17.66±5.93	66.15±18.97	52.18±8.95
Ages 27 and over	28.25±10.72	12.75±6.02	16.75±3.30	57.75±13.96	50.00±8.60
	F(2.236)= .787. p=.456. η2=.007	F(2.236)= 1.596. p=.205. η2=.013	F(2.236)= .152. p=.859. η2=.001	F(2.236)= .675. p=.510. η2=.006	F(2.236)= .238. p=.788. η2=.002
Gender					
Woman	34.30±10.47	15.99±6.08	17.16±5.97	67.45±19.25	53.23±7.68
Male	34.14±10.99	14.91±6.54	17.74±5.74	66.79±19.81	47.35±9.42
	t = .107. df = 237. p=.915. Cohen's d=.015	t =1.208. df = 237. p=.228. Cohen's d=.175	t = -.686. df = 237. p=.494. Cohen's d=-.099	t = .236. df = 237. p=.814. Cohen's d=.034	t =4.531. df = 99.762. p= <0.001. Cohen's d=.718
Reasons for Studying Nursing					
His own will	33.96±10.09	15.39±5.92	16.87±5.59	66.22±17.82	52.57±8.02
Family request	33.75±10.98	15.93±6.62	17.84±6.01	67.52±20.27	50.39±9.19
Other	37.57±12.58	17.13±7.11	18.96±7.38	73.65±25.78	48.30±9.78
	F(2.236)= 1.254. p=.287. η2=.011	F(2.236)= .848. p=.430. η2=.007	F(2.236)= 1.573. p=.210. η2=.013	F(2.236)= 1.488. p=.228. η2=.012	F(2.236)= 3.354. p = .037. η2=.028
Internet usage					
0-2 hours	29.21±9.78	14.46±6.29	13.58±5.14	57.25±16.03	50.83±8.19
3-5 hours	32.47±10.41	14.94±6.04	16.68±5.85	64.09±19.53	51.98±8.61
6-8 hours	37.45±9.71	17.04±6.34	18.88±5.33	73.37±17.78	51.85±7.99
9 hours and above	38.30±11.60	16.35±6.072	19.45±6.72	74.10±19.68	49.40±11.19
	F(3.235)= 6.711. p=<0.001. η2=.079	F(3.235)= 2.214. p=.087. η2=.027	F(3.235)= 6.833. p=<0.001. η2=.080	F(3.235)= 7.114. p=<0.001. η2=.083	F(3.235)= .596. p=.618. η2=.008
Social media usage time					
1.00	30.58±10.54	12.79±5.56	15.37±5.57	58.74±18.79	51.89±9.31
2.00	31.36±11.36	13.94±6.66	14.66±6.11	59.96±20.32	51.94±7.09
3.00	33.44±10.75	15.74±6.17	17.74±5.86	66.92±19.75	53.10±9.11
4.00	36.13±8.77	16.10±4.92	18.36±4.44	70.59±15.46	51.03±7.49
5.00	36.09±10.16	17.29±5.79	17.77±5.59	71.14±18.73	49.34±9.78
6.00	33.86±7.96	15.43±5.62	18.00±5.89	67.29±16.32	53.19±7.04
7.00	43.78±7.33	21.89±2.37	21.89±3.22	87.56±10.09	52.56±7.65
8.00	32.25±12.84	17.75±9.22	19.00±8.12	69.00±20.72	47.88±7.79
9.00	44.50±11.12	17.75±9.74	22.00±5.89	84.25±21.05	44.00±20.02
Total	34.26±10.59	15.69±6.22	17.31±5.90	67.27±19.37	51.61±8.59
	F(8.226)= 2.670. p=.008. η2=.086	F(8.226)= 2.775. p=.006. η2=.089	F(8.226)= 3.095. p=.002. η2=.099	F(8.226)= 3.622. p=.001. η2=.114	F(8.226)= 1.215. p=.291. η2=.041

Duration of use for educational purposes					
.00	31.50±4.95	21.00±1.41	18.50±2.12	71.00±1.41	51.00±5.66
1.00	35.09±11.05	16.45±6.63	17.71±6.07	69.26±19.85	50.77±9.03
2.00	33.13±10.32	14.54±5.82	17.11±5.68	64.78±19.13	53.02±7.53
3.00	32.74±7.89	15.37±4.00	16.53±4.89	64.63±14.80	51.47±8.40
4.00	34.50±8.52	13.50±4.07	15.50±5.35	63.50±16.69	55.25±4.98
5.00	32.75±7.59	18.75±4.72	15.25±4.79	66.75±10.37	54.00±9.89
6.00	33.00	23.00	17.00	73.00	58.00
Total	34.21±10.38	15.79±6.15	17.31±5.76	67.31±5.67	51.75±8.44
	F(6.218)= .367. p=.899. η2=.010	F(6.218)= 1.548. p=.164. η2=.041	F(6.218)= .397. p=.881. η2=.011	F(6.218)= .559. p=.762. η2=.015	F(6.218)= .899. p=.496. η2=.024
Other usage period					
.00	34.67±13.32	17.00±4.58	17.67±4.04	69.33±17.01	51.33±8.39
1.00	32.10±10.49	14.74±5.73	16.21±5.34	63.05±17.94	53.54±8.63
2.00	34.39±10.52	15.75±5.99	17.06±5.25	67.19±18.32	50.58±8.09
3.00	35.76±8.38	15.60±5.86	17.88±5.67	69.24±17.68	50.32±7.86
4.00	39.55±7.88	17.36±5.69	20.09±3.81	77.00±14.29	54.00±5.98
5.00	30.71±10.86	18.43±4.65	19.29±5.09	68.43±19.50	50.14±5.18
6.00	23.00±12.73	10.50±6.36	25.50±6.36	59.00±12.73	50.50±7.78
7.00	16.00	26.00	14.00±	56.00	42.00
Total	33.87±10.19	15.73±5.81	17.48±5.34	67.07±17.73	51.69±7.92
	F(7.116)= 1.720. p=.111. η2=.094	F(7.116)= 1.217. p=.299. η2=.068	F(7.116)= 1.622. p=.136. η2=.089	F(7.116)= .959. p=.465. η2=.055	F(7.116)= .898. p=.511. η2=.051

η 2:Etasquare shows the effect size

Internet use was compared with the Digital exhaustion subscale and the Digital exhaustion scale total score and both were found to have a medium effect size.

Bonferroni correction for Internet use and Digital exhaustion sub-dimension, it was determined that the difference in the digital exhaustion sub-dimension was caused by Internet use between 0-2 hours and 6-8 hours.

The duration of social media use was compared with the digital burnout scale and the total score of the digital burnout scale, and although the effect sizes were found to be at a moderate level, the duration of social media use was The effect size was found to be higher when comparing the total burnout scale score (η2= .114).

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

1. **Internet Usage Duration:** As the duration of Internet usage increased, a significant increase in digital burnout levels was observed. In particular, usage for 6-8 hours and over 9 hours resulted in higher values in the digital burnout sub-dimension ($\eta^2 = 0.08$).
2. **Social Media Usage Duration:** A significant relationship was found between social media usage duration and digital burnout total score ($\eta^2 = 0.114$).
3. **Gender:** No significant difference was found in terms of digital burnout scores between male and female participants ($p > 0.05$).
4. **Reason for Pursuing Nursing Education:** Digital burnout levels did not show a significant difference in terms of the reason for choosing nursing education.
5. **Digital Use for Educational Purposes:** Duration of educational use did not significantly affect digital burnout scores. Details are provided in Tables 2 and 3

Table 4. Correlation Between Digital Burnout Scale and Subdimensions with Toronto Empathy Scale

		Digital_ Depreciation	Digital _deprivation	Digital _exhaustion	Digital Burnout Scale Total	Toronto Empathy Scale TOTAL
Digital _ Depreciation	r	1	,589 **	,598 **	,918 **	-,097
	p		,000	,000	,000	,135
Digital _deprivation	r	,589 **	1	,507 **	,797 **	-,196 **
	p	,000		,000	,000	,002
Digital _exhaustion	r	,598 **	,507 **	1	,794 **	-,137 *
	p	,000	,000		,000	,034
Digital Burnout Scale Total	r	,918 **	,797 **	,794 **	1	-,158 *
	p	,000	,000	,000		,015
Toronto Empathy Scale TOTAL	r	-,097	-,196 **	-,137 *	-,158 *	1
	p	,135	,002	,034	,015	

**. Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

*. Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).

Digital Deprivation and Digital Exhaustion There is a strong and positive relationship with digital deprivation and digital exhaustion levels as digital wear and tear increases. ($r = 0.589$, $p < 0.01$)

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

There is a negative and significant relationship between empathy and digital deprivation , that is, as digital deprivation increases, the level of empathy decreases. (r = -0.196, p = 0.002)

Digital Exhaustion (r = 0.598, p < 0.01) And Digital Deprivation (r = 0.507, p < 0.01) There is a positive relationship with digital exhaustion, and as digital depletion increases, digital wear and tear and digital deprivation also increase.

There is a negative relationship between empathy and digital exhaustion, that is, as digital exhaustion increases, empathy levels decrease (r = -0.137, p = 0.034) **.** Correlation analysis details are given in Table 4.

DISCUSSION

In the digitalized world, the effects of changes in nursing education, especially with the pandemic process, on the emotional and social skills of students are increasingly attracting attention. In this context, the relationship between digital burnout and empathy is directly linked to the human-centered care approach inherent in the nursing profession. While the literature shows that digital burnout negatively affects individuals' empathy levels and social interaction skills, it is emphasized that this situation becomes more evident during the education process of nursing students. In this study, we aimed to deeply examine the effects of digital burnout on empathic communication skills in nursing students and shed light on possible interventions in this area.

In this study, a significant increase in digital burnout levels was found as the duration of internet use increased. In a study conducted by Göldağ (2022), it was observed that digital burnout levels and perceived stress increased as the duration of internet use increased in university students (Göldağ , 2022). In a study conducted in society, it was concluded that continuous and excessive use of digital media caused digital burnout syndrome (da Silva et al., 2024). These findings provide an important framework for understanding the negative effects of digitalization on the psychosocial balance of individuals. Previous studies are similar to our findings.

In our study, Digital Deprivation and Digital Exhaustion We have reached the conclusion that there is a strong and positive relationship with . This result means that as digital

deprivation increases, the level of digital exhaustion also increases. A study conducted in Turkey found that nursing students have above-average levels of digital burnout (Durmuş et al., 2022). However, no study has been found that found a relationship between digital deprivation and exhaustion similar to our result. This result can be considered as an important finding in terms of understanding the psychological effects of addiction to digital tools and lack of access on nursing students. A detailed examination of the relationship between digital deprivation and burnout can contribute to the development of strategies for the balanced use of digital technologies in nursing education. In addition, the lack of literature in this area offers new opportunities for future research.

Empathy and digital deprivation in the study There is also a negative and significant relationship between empathy and digital exhaustion. As digital deprivation increases and digital exhaustion increases, empathy levels decrease. Intensive and prolonged internet use can cause students to allocate less time and cognitive energy to academic tasks. Over time, this can lead to information overload, mental exhaustion, and symptoms of learning burnout. Learning burnout can manifest itself with symptoms such as feeling exhausted from work, disinterest in peers and personal learning performance, and low academic self-efficacy levels (Zhou et al., 2022). Analysis of 220 newly graduated nurses in China revealed that mobile phone addiction was significantly positively correlated with emotional exhaustion and cynicism. In contrast, mobile phone addiction was negatively correlated with decreased professional effectiveness (Ma et al., 2021). The relationship between the decrease in empathy level and digital deprivation and digital exhaustion is an important finding, especially for professional groups such as healthcare professionals where empathy skills are critical. In addition, the negative effects of problems such as learning burnout and mobile phone addiction on academic and professional performance indicate that this issue should be further investigated in education and business life. It should be noted that digital addiction may have consequences that are not only individual but also reflected in the quality of patient care, especially in areas that require intense human interaction, such as nursing. These findings emphasize the importance of raising awareness about limiting addiction to the digital world and developing healthy digital habits.

Conclusion

This study has revealed that digital burnout and digital deprivation negatively affect nursing students' empathy levels. In the digitalizing world, especially intensive and prolonged internet use has profound effects not only on academic performance but also on individuals'

emotional and social skills. Understanding the effects of digital burnout and deprivation , especially in professions such as nursing where empathy skills are vital, is of critical importance for the development of both educational processes and professional competencies. These findings indicate that strategies for the balanced use of digital technologies in nursing education should be developed.

Suggestions

Various measures can be taken to reduce digital burnout and support empathy levels in nursing education. Awareness training should be organized for students on the conscious and balanced use of digital tools. In addition, practices such as digital detox programs should be encouraged to prevent digital burnout. Including practices that will enhance empathy and emotional resilience skills in the education curriculum can contribute to both the professional and personal development of students. In future studies, the long-term effects of digital deprivation and burnout on the nursing profession, as well as the effectiveness of interventions to reduce these problems, should be examined.

REFERENCES

in Silva , F.P., Jerónimo , H.M., Henriques , P.L., & Ribeiro , J. (2024). Impact of digital burnout on the use of digital consumer platforms . *Technological Forecasting and Social Change* , *200* , 123172.

Durmuş, S. Ç., Gülnar, E., & Özveren, H. (2022). Determining digital burnout in nursing students : A descriptive research study . *nurse Education Today* , *111* , 105300.

El- Sayed , AAI, Goda , SFDA, & Elbialy , GG (2024). Threats of nursing productivity in the digital era : investigating the interplay between smartphones addiction and procrastination behavior among nurses *BMC nursing , 23* (1), 577.

Erten, P., & Ozdemir, O. (2020). The digital burnout scale . *Inonu University Faculty of Education Journal , 21* (2), 668-683.

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

Göldağ , B. (2022). An investigation of the Relationship between university students ' digital burnout levels and perceived stress levels . *Journal of Learning and Teaching in the Digital Age , 7* (1), 90-98.

Juan, S., & O'Connell , K. A. (2024). the Impact of Virtual Simulation on Empathy in Undergraduate Nursing Students . *Clinical Simulation in Nursing , 93* , 101570.

Lee, W. L., Rambiar , PNIMS, Rosli , NQB, Nurumal , MS, Abdullah, SSS, & Danaee , M. (2022). Impact of increased digital use and internet gaming on nursing students ' empathy : A cross-sectional study . *nurse Education Today , 119* , 105563.

Ma, H., Zou , J. M., Zhong , Y., & He, J. Q. (2021). the influence of mobile phones addiction and Work procrastination on burnout among Newly graduated Chinese nurses *Perspectives in psychiatric care , 57* (4).

Ozer, D., Altun, O. Ş., & Avsar, G. (2023). Investigation of the relationship between internet addiction, communication skills and emotion regulation difficulties in nursing students. *Archives of Psychiatric Nursing , 42* , 18-24.

Spreng , R., N., Kinnon , C. M., Mar, R. A., & Levine , B. (2009). The Toronto Empathy Questionnaire : Scale development and initial validation of a factor analysis solution to multiple empathy measures . *Journal of Personality Assessment , 91* (1), 62-71.

Totan , T., Dogan , T., & Sapmaz, F. (2012). the Toronto empathy questionnaire : evaluation of psychometrics properties among Turkish university students . *Eurasian Journal of Education Research , 46* , 179-198.

Turan Eroğlu, D., Ayaz, F., & Ayaz, H. (2024). A Content Analysis of Publications Regarding Internet Usage-Related Problems. *Igdir University Journal of Social Sciences /Iğdır University Journal of Social Sciences ,* (36).

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

Zhou, Z., Liu , H., Zhang, D., Wei , H., Zhang, M., & Huang, A. (2022). Mediating effects of academic self- efficacy and smartphone addiction on the Relationship between Professional Attitude and academic burnout in nursing students : A cross-sectional study . *nurse Education Today* , *116* , 105471.

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

CLIMATE CHANGE AND CHILDREN'S HEALTH: THE FUTURE OF A VULNERABLE GENERATION

İKLİM DEĞİŞİKLİĞİ VE ÇOCUKLARIN SAĞLIĞI: SAVUNMASIZ BİR NESLİN GELECEĞİ

Asst. Prof. Dr. Melike TAŞDELEN BAŞ

Selcuk University Aksehir KadirYallagoz Health School, Konya, Türkiye

meliketbas@gmail.com- https://orcid.org/0000-0002-2389-7696

Assoc. Prof. Dr. Funda ÖZPULAT

Selcuk University Aksehir KadirYallagoz Health School, Konya, Türkiye

fozpulat@selcuk.edu.tr- https://orcid.org/0000-0002-1789-6216

Abstract

Climate change is a critical global issue that directly and indirectly affects children's health. Due to their biological sensitivity and vulnerability to environmental factors, children are among the most at-risk groups. Direct impacts include heatwaves, extreme weather events, air pollution, and water contamination, while indirect effects are associated with food insecurity, infectious diseases, and forced migration.

Physical impacts involve respiratory illnesses, diarrhea, malnutrition, and heatstroke. Children in low-income regions face heightened risks due to increased food insecurity and poor sanitation. Psychological effects include anxiety, depression, stress, and post-traumatic stress disorder. Natural disasters often lead to social isolation, educational disruptions, and learning difficulties among children.

Protecting children from these impacts requires international cooperation and awareness initiatives. Measures addressing food security, access to clean water, and mental health support are essential in mitigating the consequences of climate change on children.

In conclusion, climate change poses a severe threat to children's current health and future well-being. Prioritizing children's needs through effective policies and solutions is crucial to building a sustainable future. Strengthening resilience among children is a vital step in addressing the long-term impacts of this global crisis.

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

Keywords: *Climate change, Children's health, Psychological effects, Food insecurity, Natural disasters*

Özet

İklim değişikliği, çocukların sağlığını doğrudan ve dolaylı olarak etkileyen ciddi bir küresel sorundur. Çocuklar, biyolojik hassasiyetleri ve çevreye karşı duyarlılıkları nedeniyle bu etkiler karşısında savunmasız bir grup olarak öne çıkar. Doğrudan etkiler arasında sıcak hava dalgaları, aşırı hava olayları, hava kirliliği ve su kaynaklarının kirlenmesi yer alırken; dolaylı etkiler, gıda güvensizliği, bulaşıcı hastalıklar ve zorunlu göç gibi durumlarla ilişkilidir.

Fiziksel etkiler arasında solunum yolu hastalıkları, ishal, yetersiz beslenme ve sıcak çarpması gibi sorunlar öne çıkmaktadır. Özellikle düşük gelirli bölgelerde, çocuklar artan gıda güvensizliği ve kötü hijyen koşulları nedeniyle daha fazla risk altındadır. Psikolojik etkiler ise kaygı, depresyon, stres ve travma sonrası stres bozukluğu gibi ruhsal sorunları kapsar. Doğal afetlerin çocuklarda sosyal izolasyona, eğitim kaybına ve öğrenme güçlüklerine yol açması da sık görülen sonuçlardandır. Çocukların bu etkilerden korunması için uluslararası iş birliği ve farkındalık çalışmaları büyük önem taşır. Çocukların sağlığını korumak ve bu etkileri azaltmak için alınacak önlemler, iklim değişikliği ile mücadelede kritik bir rol oynayacaktır.

Sonuç olarak, iklim değişikliği çocukların mevcut sağlık durumunu ve gelecekteki refahını ciddi şekilde tehdit etmektedir. Bu nedenle, çocukların karşı karşıya olduğu bu risklere özel önem verilerek, gıda güvenliği, temiz su kaynaklarına erişim ve ruhsal destek gibi alanlarda etkin politikalar geliştirilmelidir. Çocukların dayanıklılığını artıracak çözümler üretmek, sürdürülebilir bir geleceğin inşasında hayati bir adımdır.

Anahtar Kelimeler: *İklim değişikliği, Çocuk sağlığı, Psikolojik etkiler, Gıda güvensizliği, Doğal afetler*

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

INTRODUCTION

Climate change is considered one of the most serious global health threats of the 21st century (Watts et al., 2015). Experts argue that this issue represents one of the greatest threats to humanity (World Economic Forum, 2018) and poses an existential risk to our planet. Children and young people, in particular, are more vulnerable to the effects of climate change. The increase in global average temperatures and changing climate conditions create significant and escalating risks across various domains.

Effects of Climate Change

Climate change is not limited to the increasing frequency and severity of extreme weather events such as wildfires, floods, hurricanes, and heatwaves. It also brings about the following impacts:

- Rising sea levels
- Changing seasons
- Prolonged droughts
- Changes in land use
- Loss of habitability in certain regions

This situation leads to numerous adverse consequences, including higher disease prevalence, food insecurity, reduced access to clean water, forced migration, increased intergroup conflicts, and economic hardships.

Vulnerability of Children

Children are uniquely vulnerable to the effects of climate change due to their biological susceptibility, immature physiology, and ways of interacting with their environments. For example:

- Conditions exacerbated by climate change, such as asthma, diarrhea, heat-related illnesses, vector-borne diseases, and malnutrition, threaten children's physiological health.
- These issues result in millions of missed school days annually (Kousky, 2016).

According to the World Health Organization, 88% of the disease burden attributable to climate change occurs in children under the age of five (Sheffield & Landrigan, 2011).

Direct Effects

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

The direct effects of climate change in the form of changes in weather patterns (such as storms, heatwaves, and rapid or delayed extreme weather events) are associated with childhood morbidity and mortality (Garcia & Sheehan, 2016). However, the fundamental evidence supporting the direct health impacts of these effects is limited (Amegah et al., 2016; Sheffield & Landrigan, 2011).

Temperature Changes

Children are particularly at risk of experiencing adverse health outcomes due to rapid or delayed heatwaves (O'Neill & Ebi, 2009). Heatwaves increase the overall mortality rates in a population (Kravchenko et al., 2013). Xu and colleagues found inconclusive evidence that the risk of child mortality increases during heatwaves; however, stronger evidence indicates a higher risk among infants (Xu et al., 2014).

Direct morbidity cases caused by heatwaves include heat stroke, electrolyte imbalances, kidney diseases, and respiratory and infectious diseases. Additionally, increases in average temperatures have been associated with higher prevalence of pediatric kidney stones and Kawasaki disease (Xu et al., 2014; Ghirardi et al., 2015).

Emergency department visits for children increase during heatwaves in urban areas (Ghirardi et al., 2015). This increase is particularly notable among infants, while the magnitude of risk varies across different countries and regions (Sheffield et al., 2018; van der Linden et al., 2019). Asthma has been identified as the most common respiratory disease associated with heatwaves (van Loenhout et al., 2018). Additionally, heatwaves can lead to an increase in unintentional injuries (im Kampe et al., 2016).

Combining socioeconomic and demographic factors with spatial modeling can help predict regions at risk of increased mortality and morbidity rates associated with heatwaves (Ho et al., 2018).

In addition to rising temperatures, cold temperatures also have harmful effects on children. Studies in Madrid, Spain, and China have reported an increase in mortality rates due to cold temperatures (Diaz et al., 2015). Rapid changes in temperature and humidity can lead to an increase in respiratory and infectious diseases in children (Cong et al., 2017).

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

Rainfall and Floods

Sudden storms and heavy rainfall increase the risk of flooding and the direct risk of death and illness from drowning and unintentional injuries. Increased rainfall is generally associated with higher mortality rates and can lead to long-term adverse health effects on children. Malnutrition and the spread of infectious diseases further exacerbate these impacts.

Flooding increases the prevalence of water- and foodborne infectious diseases, negatively affecting children's nutritional status and leading to diseases such as malaria and respiratory infections. This disproportionately impacts vulnerable populations (Phung et al., 2014; Zhang et al., 2019).

Droughts and Wildfires

Factors such as a lack of rainfall and increased evaporation due to rising temperatures can trigger droughts. Droughts often have more prolonged effects compared to other weather and climate events. In rural areas, droughts that strain essential water supplies contribute to respiratory and mental health issues, malnutrition, and the worsening of infectious diseases.

Long-term changes in rainfall patterns, particularly decreases in annual precipitation, have adversely affected child mortality rates in regions such as Africa's Sahel. Despite adaptation strategies, droughts weaken local ecosystems, push families into poverty, and force migration (Alpino et al., 2016; Dean et al., 2010).

Indirect Effects

Many of the indirect effects of climate change are multifaceted, operating over short and long time scales. These include ecosystem degradation, changing vector patterns, air pollution, and aeroallergens. This section also examines the mental health impacts of climate change on children.

The distribution of disease-carrying vectors is expected to be altered by climate change, with the transmission and survival of infectious pathogens being influenced by changing weather patterns (Ahdoot et al., 2015).

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

However, identifying specific infectious diseases sensitive to climate change remains challenging. Infectious diseases generally exact a disproportionately high toll on children, particularly socioeconomically vulnerable children (UNICEF, 2024).

The relationship between local or regional weather trends and the geographical range, seasonality, and prevalence of malaria is well understood. Research is exploring the long-term effects of climate change on malaria vectors' distribution, the parasite itself, and child mortality and morbidity. In Uganda, short-term weather trend changes likely caused by climate change have created more favorable conditions for malaria transmission through high temperatures and increased flooding, hindering vector control efforts (Dasgupta, 2018; Ssempiira et al., 2018).

Climate variability, particularly changes in average temperature, is associated with shifts in dengue's geographic distribution. While there is limited quantitative research on the specific impacts on children, the disease burden and mortality caused by the virus are highest among rural children. One study estimated that nearly half of the global population might be at risk of dengue fever by the end of the century (Wunderlich et al., 2018).

In North America and Europe, Lyme disease, caused by the bacterium *Borrelia burgdorferi*, is transmitted by ticks, with children often being the most at-risk group. The bacterium's and tick's life cycles depend on factors such as temperature and humidity. Rising temperatures associated with climate change have expanded the geographical areas of Lyme disease transmission northward in North America and Europe and increased transmission risk in endemic areas. A recent study projected a 20% increase in disease incidence in the U.S. by mid-century under RCP 4.5 compared to current incidence rates (Dumic & Severnini, 2018).

The multifactorial etiology of diarrhea has made it challenging to link cases to climate change. However, a systematic review of the relationship between temperature and all-cause diarrhea suggested that climate change could be responsible for a significant portion of diarrhea cases (El-Fadel et al., 2012; Carlton et al., 2016).

The prevalence of pathogens such as *Escherichia coli*, *Cryptosporidium*, rotaviruses, and parasites (e.g., *Giardia* and *Toxoplasma gondii*) increases with higher temperatures in many climate regions. Rural areas with lower rainfall suffer higher diarrhea incidence rates in children due to the use of unsafe drinking water sources and limited hygiene (Lloyd et al., 2007).

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

- Every year, 400,000 children under the age of five—or 1,000 children daily—continue to die from diseases associated with inadequate water, sanitation, and hygiene.
- The challenge of delivering water, sanitation, and hygiene services to children in need is further complicated by water scarcity, floods, and hurricanes exacerbated by the climate crisis.
- UNICEF projections suggest that by 2040, one in four children under 18—approximately 600 million people—will live in areas of extremely high water stress (UNICEF, 2024).

Increased rainfall and humidity, driven by climate variability, are associated with a higher risk of bacterial and viral lower respiratory infections in children. Studies from Australia and China have shown that sudden extreme weather events such as heatwaves, low temperatures, and intense rainfall increase children's vulnerability to various pathogens causing such infections. Climate change will affect respiratory pathogen patterns in both rural and urban settings (Mirsaeidi et al., 2016).

Hand, foot, and mouth disease (HFMD), caused primarily by enteroviruses, predominantly infects children. The prevalence of HFMD has increased in Southeast Asia. Studies examining the relationship between climate variables and HFMD have shown that higher average temperatures, rainfall, humidity, and air pollution are associated with increased HFMD incidence in urban settings in China, Vietnam, and Japan (Duan et al., 2019).

Air Pollution and Aeroallergens Children’s exposure to air pollution and aeroallergens has harmful effects, particularly on their respiratory systems. Of particular concern in relation to climate change are air pollutants such as particulate matter and ozone. Aeroallergens are expected to change in seasonality and concentration with climate change.

Particulate matter (PM) air pollution is a direct byproduct of fossil fuel combustion and will worsen due to climate change-related events such as droughts, wildfires, and dust storms (Schweitzer et al., 2018). Exposure to particulate matter adversely affects lung function in children, particularly those with asthma, leading to reduced peak expiratory flow and forced expiratory volume, which subsequently increases emergency department visits, hospital admissions, and mortality rates among children (Li et al., 2012; Ward, 2015).

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

In resource-limited and rural areas, the reduction in infant and child mortality rates due to improved electricity access may be offset by air pollution from biomass and petroleum sources (Gohlke et al., 2011).

Exposure to particulate pollution during pregnancy has been associated with adverse outcomes such as low birth weight, small size for gestational age, and later respiratory disorders in children. However, results across individual studies are inconsistent (Ha et al., 2017).

Perera and colleagues developed dose-response curves linking particulate matter exposure during pregnancy to preterm birth, low birth weight, and asthma incidence. Additionally, a relationship has been observed between particulate matter and high temperatures and low humidity, slightly increasing mortality and morbidity risks. However, these relationships are more complex when considering other climate variables (Perera et al., 2019).

Mental Health Although the impacts of climate change on children's mental health have been under-researched, they have received more attention over the past decade. Burke and colleagues suggest that climate change, through frequent, rapid, and delayed-onset extreme weather events and socioeconomic disruptions, increases youth's vulnerability to mental health disorders such as depression, post-traumatic stress disorder (PTSD), and anxiety. These impacts are especially severe among already disadvantaged children (Burke et al., 2018).

Psychological and Emotional Effects Many impacts of climate change affect children's mental health alongside their physical health. The anticipated increase in extreme weather events (EWEs) is one of the primary factors negatively influencing children's mental health (Gamble et al., 2016). Numerous studies document the effects of traumatic events on children (McDermott & Cobham, 2012).

Traumatic Experiences and Mental Health Issues

- **Post-Traumatic Stress Disorder (PTSD):** Prevalence estimates for PTSD diagnoses following disasters generally range between 15-30%. However, a study of Thai elementary school students after the Asian tsunami reported a rate of 57.3% (Piyasil et al., 2007).

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

- **Other Mental Health Issues:** Depression, anxiety, phobias, panic, sleep disorders, attachment problems, and substance abuse are common (Simpson et al., 2011; Ahdoot & Pacheco, 2015; Goldmann & Galea, 2014).
- **Psychological Impacts:** Traumatic experiences can disrupt children's emotional regulation, cognitive abilities, learning processes, and behavior (Clayton et al., 2017).

Long-Term Effects Chronic and repeated stressful early-life events can predispose individuals to adverse mental health outcomes later in life (Faravelli et al., 2012). Factors such as displacement, increased family stress (Simpson et al., 2011), and disruptions in social support networks (Ahdoot & Pacheco, 2015) exacerbate these effects.

Food Insecurity and Malnutrition Malnutrition is a leading contributor to global child mortality and morbidity (UNICEF, 2024). Empirical evidence on how climate change affects child health through its impact on nutrition is emerging, focusing primarily on rural areas (Phalkey et al., 2015).

The drivers and interactions between malnutrition, overnutrition, and climate change are complex (Swinburn et al., 2019). Extreme weather events, such as floods, have long-term effects on children's nutritional status, with the most disadvantaged children being at the greatest risk (Datar et al., 2013).

Children's dietary patterns and built environments interact to facilitate unhealthy diets and decreased physical activity levels, increasing the risk of overnutrition (Sheffield & Galvez, 2009).

Similar to malnutrition, risk factors associated with overnutrition are most prevalent among socioeconomically vulnerable children in urban settings. Overnutrition, malnutrition, and climate change appear to share a common set of causes that require systematic approaches for solutions (Hasegawa et al., 2016).

Socioeconomic Hardship, Education, Migration, and Toxic Exposure Increased frequency of extreme weather events and general climate change-induced alterations in temperature and rainfall are likely to increase children's exposure to toxic substances such as organic pollutants,

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

pesticides, and heavy metals. Exposure to these toxic substances can cause not only acute poisoning but also long-term health impacts such as endocrine or neurological dysfunction (Pronczuk & Surdu, 2008).

In-Utero Exposure The impacts of climate change on pregnant mothers are becoming clearer, with studies focusing on the intersection of maternal and child health with climate variability (Rylander et al., 2013). For instance, extreme temperature fluctuations during pregnancy have been linked to an increased risk of preterm birth, though findings vary across studies and are less significant in some high-income settings (Carolan-Olah & Frankowska, 2011; Dadvand et al., 2011; Ngo & Horton, 2016).

Water scarcity driven by climate variability has also been identified as a factor increasing preterm birth risks (Rocha & Soares, 2015). Additionally, extreme temperatures, low rainfall, and high levels of air pollution have been associated with lower birth weights and shorter lengths at birth, affecting neonatal health and child development (Rocha & Soares, 2015).

The Role of Nurses Climate change poses a severe threat to human health, disproportionately affecting vulnerable populations, especially children, pregnant women, and the elderly. Children with chronic health issues such as asthma are at the highest risk of adverse health effects from climate change. In this context, nurses play a critical role in protecting children and supporting their health amidst climate challenges.

School nurses, in particular, act as advocates and care providers for children during a time of heightened vulnerability to the health impacts of climate change. School-aged children are especially affected by poor air quality, rising temperatures, and increased pollen counts. By monitoring children's health and mitigating negative impacts, school nurses are pivotal in addressing the health consequences of climate change. Additionally, school nurses can enhance their expertise by participating in ongoing training related to climate-sensitive care.

Nurses should raise awareness about climate change, contribute to research, implement practice changes, and address local health impacts of climate change. Enhancing children's access to healthcare and advocating for climate justice are among the most critical duties of nurses, especially school nurses (May & Noel, 2020).

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

UNICEF's "The Climate Crisis as a Child Rights Crisis" Report UNICEF's report highlights how children are disproportionately affected by climate change due to their physical, psychological, and social vulnerabilities.

Key findings include:

- Approximately 1 billion children worldwide face "extremely high risk" from climate change impacts.
- Children are increasingly exposed to environmental stressors such as extreme weather events, water scarcity, air pollution, and infectious diseases.
- The climate crisis restricts children's access to essential services such as health, education, nutrition, and protection.

Proposed solutions include reducing greenhouse gas emissions, developing resilient infrastructure for children, increasing climate education, and involving children in decision-making processes. Additionally, recovery from the COVID-19 pandemic should be approached in a green and inclusive manner.

This report emphasizes the urgent need for action to mitigate the devastating effects of the climate crisis on child rights and to ensure a more sustainable future for children (UNICEF, 2024).

Conclusion and Recommendations

Climate change represents a pressing global threat with profound implications for child health. Its diverse effects—including increased frequency and intensity of extreme weather events, shifts in disease patterns, and environmental stressors—disproportionately affect children due to their physiological and psychological vulnerabilities. This crisis exacerbates existing disparities, particularly for socioeconomically disadvantaged children, highlighting the urgent need for targeted action. The documented impacts on respiratory health, mental well-being, and nutrition necessitate comprehensive strategies to mitigate risks and ensure sustainable futures for the youngest and most vulnerable populations.

To address these challenges, a multifaceted approach is essential. Governments and stakeholders must prioritize reducing greenhouse gas emissions and investing in resilient health

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

and infrastructure systems tailored to children's needs. Expanding access to education on climate resilience and integrating children's voices into decision-making processes can foster long-term adaptive capacities. Additionally, fostering collaboration among healthcare professionals, policymakers, and communities is vital to developing localized interventions. These steps will not only safeguard child health but also strengthen societal resilience against the ongoing and future impacts of climate change.

REFERENCES

Ahdoot, S., Pacheco, S. E., Council on Environmental Health, Paulson, J. A., Ahdoot, S., Baum, C. R., ... & Trasande, L. (2015). Global climate change and children's health. *Pediatrics*, *136*(5), e1468-e1484.

Alisic, E., Zalta, A. K., Van Wesel, F., Larsen, S. E., Hafstad, G. S., Hassanpour, K., & Smid, G. E. (2014). Rates of post-traumatic stress disorder in trauma-exposed children and adolescents: meta-analysis. *The British Journal of Psychiatry*, *204*(5), 335-340.

Alpino, T. A., Sena, A. R. M. D., & Freitas, C. M. D. (2016). Disasters related to droughts and public health–a review of the scientific literature. *Ciencia & saude coletiva*, *21*, 809-820.

Amegah, A. K., Rezza, G., & Jaakkola, J. J. (2016). Temperature-related morbidity and mortality in Sub-Saharan Africa: A systematic review of the empirical evidence. *Environment international*, *91*, 133-149.

Burke, S. E., Sanson, A. V., & Van Hoorn, J. (2018). The psychological effects of climate change on children. *Current psychiatry reports*, *20*, 1-8.

Carlton, E. J., Woster, A. P., DeWitt, P., Goldstein, R. S., & Levy, K. (2016). A systematic review and meta-analysis of ambient temperature and diarrhoeal diseases. *International journal of epidemiology*, *45*(1), 117-130.

Carolan-Olah, M., & Frankowska, D. (2014). High environmental temperature and preterm birth: a review of the evidence. *Midwifery*, *30*(1), 50-59.

Clayton, S., Manning, C., Krygsman, K., & Speiser, M. (2017). Mental health and our changing climate: Impacts, implications, and guidance. *Washington, DC: American Psychological Association and ecoAmerica*.

Cong, X., Xu, X., Zhang, Y., Wang, Q., Xu, L., & Huo, X. (2017). Temperature drop and the risk of asthma: a systematic review and meta-analysis. *Environmental Science and Pollution Research*, *24*, 22535-22546.

Dadvand, P., Basagana, X., Sartini, C., Figueras, F., Vrijheid, M., De Nazelle, A., ... & Nieuwenhuijsen, M. J. (2011). Climate extremes and the length of gestation. *Environmental health perspectives*, *119*(10), 1449-1453.

Dasgupta, S. (2018). Burden of climate change on malaria mortality. *International journal of hygiene and environmental health*, *221*(5), 782-791.

Datar, A., Liu, J., Linnemayr, S., & Stecher, C. (2013). The impact of natural disasters on child health and investments in rural India. *Social Science & Medicine*, *76*, 83-91.

Dean, J. G., & Stain, H. J. (2010). Mental health impact for adolescents living with prolonged drought. *Australian Journal of Rural Health*, *18*(1), 32-37.

Díaz, J., Carmona, R., Mirón, I. J., Ortiz, C., & Linares, C. (2015). Comparison of the effects of extreme temperatures on daily mortality in Madrid (Spain), by age group: The need for a cold wave prevention plan. *Environmental Research*, *143*, 186-191.

Duan, C., Zhang, X., Jin, H., Cheng, X., Wang, D., Bao, C., ... & Min, J. (2019). Meteorological factors and its association with hand, foot and mouth disease in Southeast and East Asia areas: a meta-analysis. *Epidemiology & Infection*, *147*, e50.

Dumic, I., & Severnini, E. (2018). "Ticking bomb": the impact of climate change on the incidence of Lyme disease. *Canadian Journal of Infectious Diseases and Medical Microbiology*, *2018*(1), 5719081.

El-Fadel, M., Ghanimeh, S., Maroun, R., & Alameddine, I. (2012). Climate change and temperature rise: Implications on food-and water-borne diseases. *Science of the Total Environment*, *437*, 15-21.

Faravelli, C., Sauro, C. L., Godini, L., Lelli, L., Benni, L., Pietrini, F., ... & Ricca, V. (2012). Childhood stressful events, HPA axis and anxiety disorders. *World journal of psychiatry*, *2*(1), 13.

Gamble, J. L., Balbus, J., Berger, M., Bouye, K., Campbell, V., Chief, K., ... & Wolkin, A. F. (2016). *Ch. 9: Populations of concern* (pp. 247-286). US Global Change Research Program, Washington, DC.

Garcia, D. M., & Sheehan, M. C. (2016). Extreme weather-driven disasters and children's health. *International journal of health services*, *46*(1), 79-105.

Ghirardi, L., Bisoffi, G., Mirandola, R., Ricci, G., & Baccini, M. (2015). The impact of heat on an emergency department in Italy: Attributable visits among children, adults, and the elderly during the warm season. *PloS one*, *10*(10), e0141054.

Gohlke, J. M., Thomas, R., Woodward, A., Campbell-Lendrum, D., Prüss-Üstün, A., Hales, S., & Portier, C. J. (2011). Estimating the global public health implications of electricity and coal consumption. *Environmental health perspectives*, *119*(6), 821-826.

Goldmann, E., & Galea, S. (2014). Mental health consequences of disasters. *Annual review of public health*, *35*(1), 169-183.

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

Ha, S., Zhu, Y., Liu, D., Sherman, S., & Mendola, P. (2017). Ambient temperature and air quality in relation to small for gestational age and term low birthweight. *Environmental research*, *155*, 394-400.

Hasegawa, T., Fujimori, S., Takahashi, K., Yokohata, T., & Masui, T. (2016). Economic implications of climate change impacts on human health through undernourishment. *Climatic Change*, *136*, 189-202.

Ho, H. C., Knudby, A., Chi, G., Aminipouri, M., & Lai, D. Y. F. (2018). Spatiotemporal analysis of regional socio-economic vulnerability change associated with heat risks in Canada. *Applied Geography*, *95*, 61-70.

im Kampe, E. O., Kovats, S., & Hajat, S. (2016). Impact of high ambient temperature on unintentional injuries in high-income countries: a narrative systematic literature review. *BMJ open*, *6*(2), e010399.

Kousky, C. (2016). Impacts of natural disasters on children. *The Future of children*, 73-92.

Kravchenko, J., Abernethy, A. P., Fawzy, M., & Lyerly, H. K. (2013). Minimization of heatwave morbidity and mortality. *American journal of preventive medicine*, *44*(3), 274-282.

Li, S., Williams, G., Jalaludin, B., & Baker, P. (2012). Panel studies of air pollution on children's lung function and respiratory symptoms: a literature review. *Journal of Asthma*, *49*(9), 895-910.

Lloyd, S. J., Kovats, R. S., & Armstrong, B. G. (2007). Global diarrhoea morbidity, weather and climate. *Climate Research*, *34*(2), 119-127.

May, K., & Noel, D. (2020). School nurses and climate change. *Annual Review of Nursing Research*, *38*(1), 275-286.

McDermott, B., & Cobham, V. (2012). *A road less travelled: A guide to children, emotions and disasters*. Brett McDermott & Vanessa Cobham.

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

Mirsaeidi, M., Motahari, H., Taghizadeh Khamesi, M., Sharifi, A., Campos, M., & Schraufnagel, D. E. (2016). Climate change and respiratory infections. *Annals of the American Thoracic Society*, *13*(8), 1223-1230.

Ngo, N. S., & Horton, R. M. (2016). Climate change and fetal health: The impacts of exposure to extreme temperatures in New York City. *Environmental research*, *144*, 158-164.

O'Neill, M. S., & Ebi, K. L. (2009). Temperature extremes and health: impacts of climate variability and change in the United States. *Journal of Occupational and Environmental Medicine*, *51*(1), 13-25.

Perera, F., Ashrafi, A., Kinney, P., & Mills, D. (2019). Towards a fuller assessment of benefits to children's health of reducing air pollution and mitigating climate change due to fossil fuel combustion. *Environmental research*, *172*, 55-72.

Pfefferbaum, B., Jacobs, A. K., Jones, R. T., Reyes, G., & Wyche, K. F. (2017). A skill set for supporting displaced children in psychological recovery after disasters. *Current Psychiatry Reports*, *19*, 1-8.

Phalkey, R. K., Aranda-Jan, C., Marx, S., Höfle, B., & Sauerborn, R. (2015). Systematic review of current efforts to quantify the impacts of climate change on undernutrition. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, *112*(33), E4522-E4529.

Phung, D., Huang, C., Rutherford, S., Chu, C., Wang, X., & Nguyen, M. (2014). Association between annual river flood pulse and paediatric hospital admissions in the Mekong Delta area. *Environmental research*, *135*, 212-220.

Piyasil, V., Ketuman, P., Plubrukarn, R., Jotipanut, V., Tanprasert, S., Aowjinda, S., & Thaeeromanophap, S. (2007). Post traumatic stress disorder in children after tsunami disaster in Thailand: 2 years follow-up. *Medical journal of the Medical Association of Thailand*, *90*(11), 2370.

Pronczuk, J., & Surdu, S. (2008). Children's environmental health in the twenty-first century: Challenges and solutions. *Annals of the New York Academy of Sciences*, *1140*(1), 143-154.

Rocha, R., & Soares, R. R. (2015). Water scarcity and birth outcomes in the Brazilian semiarid. *Journal of Development Economics*, *112*, 72-91.

Rylander, C., Øyvind Odland, J., & Manning Sandanger, T. (2013). Climate change and the potential effects on maternal and pregnancy outcomes: an assessment of the most vulnerable–the mother, fetus, and newborn child. *Global health action*, *6*(1), 19538.

Schweitzer, M. D., Calzadilla, A. S., Salamo, O., Sharifi, A., Kumar, N., Holt, G., ... & Mirsaeidi, M. (2018). Lung health in era of climate change and dust storms. *Environmental research*, *163*, 36-42.

Sheffield, P. E., & Galvez, M. P. (2009). US childhood obesity and climate change: moving toward shared environmental health solutions. *Environmental Justice*, *2*(4), 207-214.

Sheffield, P. E., & Landrigan, P. J. (2011). Global climate change and children's health: threats and strategies for prevention. *Environmental health perspectives*, *119*(3), 291-298.

Sheffield, P. E., Herrera, M. T., Kinnee, E. J., & Clougherty, J. E. (2018). Not so little differences: variation in hot weather risk to young children in New York City. *Public health*, *161*, 119-126.

Simpson, D. M., Weissbecker, I., & Sephton, S. E. (2011). Extreme weather-related events: Implications for mental health and well-being. *Climate change and human well-being: Global challenges and opportunities*, 57-78.

Ssempiira, J., Kissa, J., Nambuusi, B., Mukooyo, E., Opigo, J., Makumbi, F., ... & Vounatsou, P. (2018). Interactions between climatic changes and intervention effects on malaria spatio-temporal dynamics in Uganda. *Parasite epidemiology and control*, *3*(3), e00070.

Swinburn, B. A., Kraak, V. I., Allender, S., Atkins, V. J., Baker, P. I., Bogard, J. R., ... & Dietz, W. H. (2019). The global syndemic of obesity, undernutrition, and climate change: the Lancet Commission report. *The lancet*, *393*(10173), 791-846.

UNICEF. (2024). *Environment and Climate Change*. Retrieved from https://www.unicef.org/environment-and-climate-change

van der Linden, N., Longden, T., Richards, J. R., Khursheed, M., Goddijn, W. M., Van Veelen, M. J., ... & van der Linden, M. C. (2019). The use of an 'acclimatisation'heatwave measure to compare temperature-related demand for emergency services in Australia, Botswana, Netherlands, Pakistan, and USA. *PloS one*, *14*(3), e0214242.

van Loenhout, J. A. F., Delbiso, T. D., Kiriliouk, A., Rodriguez-Llanes, J. M., Segers, J., & Guha-Sapir, D. (2018). Heat and emergency room admissions in the Netherlands. *BMC Public Health*, *18*, 1-9.

Ward, C. J. (2015). It's an ill wind: the effect of fine particulate air pollution on respiratory hospitalizations. *Canadian Journal of Economics/Revue canadienne d'économique*, *48*(5), 1694-1732.

Watts, N., Adger, W. N., Agnolucci, P., Blackstock, J., Byass, P., Cai, W., ... & Costello, A. (2015). Health and climate change: policy responses to protect public health. *The lancet*, *386*(10006), 1861-1914.

World Economic Forum. (2018). *Global risks report* [Internet]. WEF. Retrieved from http://reports.weforum.org/global-risks-2018/preface-2/

Wunderlich, J., Acuna-Soto, R., & Alonso, W. J. (2018). Dengue hospitalisations in Brazil: annual wave from West to East and recent increase among children. *Epidemiology & Infection*, *146*(2), 236-245.

Xu, Z., Sheffield, P. E., Su, H., Wang, X., Bi, Y., & Tong, S. (2014). The impact of heat waves on children's health: a systematic review. *International journal of biometeorology*, *58*, 239-247.

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

Zhang, N., Song, D., Zhang, J., Liao, W., Miao, K., Zhong, S., ... & Huang, C. (2019). The impact of the 2016 flood event in Anhui Province, China on infectious diarrhea disease: An interrupted time-series study. *Environment international*, *127*, 801-809.

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

TOPUK KANI ALMA İŞLEMİNDE YAPILAN YAYGIN HATALAR: LİTERATÜR DERLEMESİ

Hem. Merve Selenay KAŞ
Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü,
selenaykas80@gmail.com, ORCID ID: 0009-0006-6597-510X
Prof. Dr. Ayşe Sonay TÜRKMEN
Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Fakültesi
asonaykurt@gmail.com, ORCID ID: 0000-0002-3716-3255

ÖZET

Yenidoğan taramalarının amacı, tedavi edilmediğinde ileriye yönelik sekellere ve ölüme sebep olabilecek doğumsal metabolik ve endokrin hastalıkları erken tespit etmektir. Bunun için ülkemizde yenidoğanlardan doğumdan sonraki 48- 72. saatler arasında topuk kanı alma işlemi yapılmaktadır. Topuktan alınan kanla ülkemizde altı hastalığın taraması yapılmaktadır. Uygulama sırasında Dr. Robert Guthrie tarafından geliştirilmiş olan özel bir test kullanılmaktadır. İşlem topuk kanının, uygun yöntem ve koşullarda Guthrie kağıdına aktarılıp, test edilmesiyle tamamlanır. Kalıtsal hastalıkların teşhisinde ve tedavisinde sağlık çalışanlarının geçerli ya da yeterli kan örneği alması temel noktayı oluşturur. Tarama testinin yapılmasında sağlık çalışanlarına bazı görev ve sorumluluklar düşmektedir. Bu görev ve sorumlulukların yerine getirilmesi testin doğru uygulanıp, sonuçların doğru çıkması açısından çok önemlidir. Ancak literatürde de belirtildiği üzere topuk kanı alma işleminde birçok hatalar yapılmaktadır. Topuk kanı alma işlemi sırasında yapılan yaygın hatalar; topuk kanının uygun ve doğru zamanda alınmaması, topuk kanı alınmadan önce topuğun ısıtılmaması, topuk kanı örneği alınırken topuğun gerektiğinden fazla sıkılması, topuktan alınmış olan kanın kartın arka yüzeyinden de emdirilmesi, örneğin saklanması ve transferine yönelik hatalar olarak sıralanabilir. Bu derlemenin amacı topuk kanı alma işlemi sırasında hemşirelerin yaptığı yaygın hataları literatür doğrultusunda incelemek ve öneriler geliştirmektir. Literatür değerlendirmesi sonucunda topuk kanı alma işlemi sırasında yapılan hatalara ek olarak sağlık profesyonellerinin işlem ile ilgili bilgi düzeylerinin farklılık gösterdiği, işleme yönelik eğitim alma, çalışma yılı gibi bazı değişkenlere göre bilgi düzeylerinin değiştiği bildirilmiştir. İşlemin başarısında hemşirelerin bu konudaki bilgi düzeylerinin önemi göz önüne alındığında topuk kanı alma işlemini yapan tüm hemşirelerin hizmet içi eğitimlerle standart eğitim içerikleri doğrultusunda bilgilendirilmeleri önerilmektedir.

Anahtar Kelimeler: Yenidoğan taramaları; topuk kanı taraması; Guthrie testi; sağlık çalışanı

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

1. GİRİŞ

Neonatal Tarama Programı (NTP), yenidoğan döneminde belirti veren metabolik ve endokrin hastalıkların yol açtığı sağlık sorunlarını ve erken dönemde belirti vermeyen hastalıkların tanılanmasını sağlayan önemli programlardır. Bu programlar aynı zamanda ülkenin ve ailenin ekonomik yükünü önlemeyi, akraba evliliklerini azaltmayı ve ebeveynlere genetik danışmanlık sunmayı hedefleyen, mortaliteyi ve morbiditeyi önlemeyi sağlayan halk sağlığı programıdır (Akova ve ark., 2022; Pinheiro ve ark., 2021). Belirti göstermeyen metabolizma hastalıkları erken tanılanamayıp, tedaviye geç başlanıldığında veya başlanılmadığında metabolik asidoz, mental retardasyon, koma, nöbet gibi kalıcı sekel ve ölüm riski doğurabilir. Bu riski azaltmak için yenidoğan taramaları gerçekleştirilmelidir (Evcili ve ark., 2017).

Ülkemizde metabolik hastalıkları tespit etmek için yenidoğanlardan doğumdan sonraki 48- 72. saatler arasında topuk kanı alma işlemi yapılmaktadır. Topuk kanında Fenilketonüri (FKÜ), Konjenital Hipotroidi (KH), Konjenital Adrenal Hiperplazi (KAH), Kistik Fibrozis (KF), Biyotinidaz Eksikliği (BE) ve Spinal Müsküler Atrofi (SMA) hastalıklarının taraması yapılmaktadır (T.C. Sağlık Bakanlığı, 2022). Erken dönemde hastalığı tespit edilen yenidoğanlara, diyet, formül mama, hormon ve medikal tedavi gibi yöntemlerle yaşam kalitelerini artırarak sağlıklı bir şekilde hayatlarına devam etmeleri sağlanmaktadır (Ülker ve Şanlıer, 2018).

Sağlık çalışanlarının özellikle de hemşirelerin doğru teknikle topuk kanı örneğinin alınması, saklanması, transfer edilmesi, sonuçların takip edilmesi, ailelerin bilgilendirilmesi ve eğitim gibi konularda önemli sorumlulukları bulunmaktadır (Büyük, 2014). Topuk kanı örneğinin alınması, saklanması, transfer edilmesi sırasında yapılan hatalar, testin yanlış sonuç vermesine ve testlerin tekrarlanmasına sebep olmaktadır. Hastalıkların tespit edilip, tanılanması aşamasında testin tekrar edilmesi gecikmelere sebep olmaktadır. Zaman metabolik hastalıkların önlenmesi ve tedavi edilmesinde önemlidir. Bu nedenle testin doğru teknikle, doğru zamanda, doğru miktarda örnekle alınması ve güvenle saklanması oldukça önemlidir (Erbay ve Yıldız, 2020; Bayrak, 2021).

Türkiye' de Yenidoğan Topuk Kanı Taramasının Yapılanması

Türkiye' de 1987 yılında Fenilketonüri Tarama Programı başlamış, 1993 yılında iseyaygınlaştırılmıştır. Test içeriğinde yer alan ve taranan hastalıklar zamanla artmıştır. Örneğin, 25.12.2006 tarihinde fenilketonüri taramasının yanına konjenital hipotiroidi taraması eklenmiştir. Biyotinidaz eksikliği Ekim 2008'de, kistik fibrozis ise Ocak 2015'te eklenmiştir. Konjenital adrenal hiperplazisi taramasına 2017 yılında dört pilot ilde (Konya, Adana, Kayseri ve Samsun) başlanmış, 2022 yılında 81 ilde yaygınlaştırılmıştır. Son olarak spinal müsküler atrofi (SMA) 09.05.2022 tarihinde tarama paneline eklenmiştir (T.C. Sağlık Bakanlığı, 2022). Bu hastalıkların tarama programına eklenmesi kadar önemli bir diğer unsur ise topuk kanı örneğinin uygun şekilde alınmasıdır. Bu nedenle özellikle topuk kanı örneği alınırken yapılan hataların bilinmesi önemlidir.

Topuk Kanı Örneği Alınırken Yapılan Hatalar

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

Literatür değerlendirmesi sonucunda hemşireler topuk kanı alınmadan önce, alınma sırasında ve sonrasında bazı hatalar yapmaktadırlar (Yıldız ve ark., 2006; Kırcalı, 2017; Bayrak, 2021; Bayrak, 2024). Topuk kanı alınmadan önce yapılan hatalar; topuk kanı alınması için uygun zaman diliminin belirlenmemesi, kan akımını artırmak için topuğun işlemden önce ısıtılması adımını gerçekleştirmemek ve topuğu %70'lik izopropil alkol ile temizledikten sonra deride kalmış olan alkolün steril gazlı bez ile kurulanmamasıdır. Topuk kanı alınma sırasında yapılan hatalar; topuğun steril bir lansetle uygun kısımlarından (medial ve lateral bölgelerinden) delinmemesi, ilk kan damlasının silinmemesi örnek olarak alınması, işlem sırasında topuğun gerektiğinden fazla sıkılması, topuktan alınmış olan kanın kartın arka yüzeyinden de emdirilmesidir. Topuk kanı alındıktan sonra yapılan hatalar; alınan kan örneğinin ısı ve ışıkla temasının engellenmeden kurutulması, kan örneğinin yatay pozisyonda oda ısısında 2-3 saat kurutulmadan zarflara konulmasıdır.

Literatürde bu hataların azalmasını sağlayan unsurlar da yer almaktadır. Bu unsurlar arasında özellikle sağlık çalışanlarının topuk kanı alma işlemiyle ilgili eğitim alma durumunun ve meslekte çalışma süresinin etkili olduğu belirtilmektedir. Buna göre topuk kanı alma işlemi ile ilgili eğitim aldıkça ve çalışma süresi arttıkça hemşirelerin topuk kanı alma işlemine yönelik hata oranlarının azaldığını söylenebilir. Topuk kanı alma işleminin doğruluk durumunu etkileyen bir diğer unsur ise topuk kanı örneğinin alınma zamanıdır.

Yenidoğan Topuk Kanı Örneğinin Alınma Zamanı

Numunelerde taranan hastalıkların doğru sonuçlar verebilmesi için alınma zamanları değişiklik göstermektedir. Tüm yenidoğanların hastaneden taburcu olmadan önce, ilk beslenmesinden sonraki en uygun zaman olan 48-72. saatler içinde topuk kanı alınmalıdır (Uslu ve ark., 2015). Hastanede gerçekleşmeyen doğumlarda ise ilk kan numunesinin en az 1 hafta içinde alınması gerekmektedir (Bakar, 2012; Bayrak ve Ünsal, 2022). Özel tedaviler (parenteral beslenme, antibiyotik, diyaliz vb.) için hastanede takip edilen yenidoğanlarda topuk kanı işlem öncesinde alınmalı ve özel durumu tarama kartında belirtilmelidir. Pretermlerde topuk kanı doğumdan sonraki 48-72. saatler arasında alınmalıdır. Bu süre içerisinde beslenen yenidoğan metabolize olmayan maddeleri kanında biriktirmiş olacaktır. Preterm bebek 14 günden fazla hastanede izleniyorsa taburcu olmadan önce topuk kanı alma işlemi tekrarlanmalıdır. Hastanede bir aydan fazla takip edilen preterm bebeklerin topuk kanı birinci ayda tekrarlanmalıdır (Fabie ve ark., 2019).

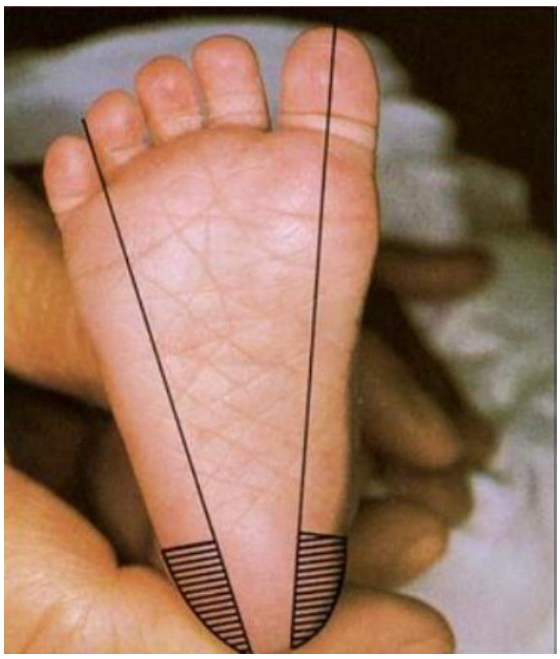
Topuk Kan Numunesi Alma İşlemi

Numune alma işlem basamakları şöyledir (Erdim ve İnal, 2018; Bayrak ve Ünsal, 2022);

- Numune alınmadan önce malzemeler hazırlanmalıdır (2.4 mm' den küçük uçlu steril lanset, steril gazlı bez, steril alkol, eldiven, kan örneğinin alınması için filtre kağıdı).
- Kan akışını arttırmak için kan alınacak bölge havlu veya avuç içi ile ısıtılabilir, yenidoğanın ayağı kalp seviyesinin altında tutulmalıdır.
- Numune alacak hemşire ellerini yıkayarak, eldiven giymelidir. Kan örneğinin alınacağı bölge %70'lik izopropil alkol solüsyonuyla temizlenmelidir. Topuk kuru olmalıdır, fazla alkol solüsyonu kullanıldıysa steril gazlı bezle kurulanmalıdır (Aşkan ve Çetinkaya, 2019).

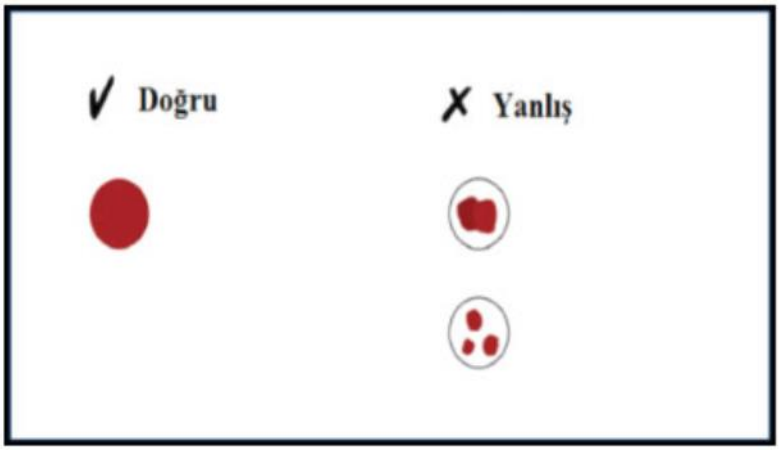
ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

- Kan alınacak bölgenin seçiminde, bebeğin topuk kısmını uzunlamasına üç eşit parçaya ayıracak hayali çizgi çizilmelidir. Kan örneği ayağın plantar yüzünün lateral kısımlarından olmalıdır (Arslan ve Çiğdem, 2010).



Görsel 1. Topuk kanı alınacak bölge (T.C. Sağlık Bakanlığı, 2022)

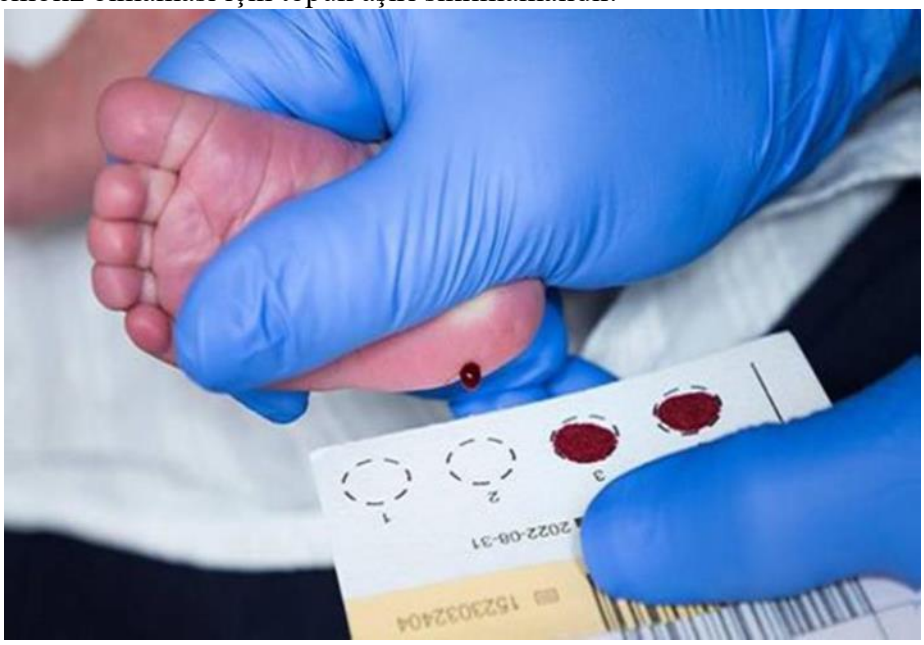
- Belirlenen bölge tek seferde otomatik lanset yardımıyla delinmelidir (Altunhan ve Yılmaz, 2018). Kesi term bebekler için 2 mm'den, preterm bebekler için 1,0 mm'den daha derin olmamalıdır. Kesi yetersiz olmuşsa aynı yerden tekrardan delinmemeli işleme diğer topukla devam edilmelidir.
- Steril gazlı bezle ilk kan damlası silinmeli, ikinci kan damlası özel filtre kağıdına damlatılmalıdır. Tarama kağıdındaki 5 daireye kan numunesi eşit ve arkasına gelecek şekilde alınmalıdır. Dairelere el ile dokunulmamalı, topuk değdirilmemelidir.



Görsel 2. Doğru topuk kanı alınması (T.C. Sağlık Bakanlığı, 2022)

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

- Kanın hemoliz olmaması için topuk aşırı sıkılmamalıdır.



Görsel 3. Topuk kanı alınması (Joseph, 2017)

- İşlem bittikten sonra, gazlı bezle bastırılmalı ve ayak kalp seviyesinin üzerinde tutulmalıdır.
- Numune alınan kağıt güneş ışığından uzak, yatay şekilde, oda ısısında (18- 22°C), 2-3 saat kurumaya bırakılır. Kağıt tamamen kurumadan zarfa konulmamalıdır.

Tarama Kağıdı Gönderimi ve Sonuçların İzlenmesi

Tarama kağıdının gönderimi ve sonuçların izlenmesi şu şekildedir (Bayrak ve Ünsal, 2022);

- Tarama kağıtları laboratuvara gönderilene kadar buzdolabında +2 ila +8°C saklanmalıdır.
- Guthrie kartları kuruduktan sonra kan alınan yerlerine dokunulmadan ve üst üste gelmeyecek şekilde zarfların içinde konulmalıdır.
- Topuk kanı alınan yerlerden Guthrie kartları günlük olarak gönderilmelidir.
- Laboratuvara göndermek için hazırlanan tarama kartları İlçe Toplum Sağlığı Merkezine gönderilerek web sistemine kayıtları yapılmalıdır. Kayıt edilen numuneler Ankara ve İstanbul'daki laboratuvara gönderilmektedir (Hacettepe Üniversitesi, 2020).
- Negatif sonuçlarda kontrol kan numunesi yapılmaz. Pozitif çıkan sonuçlar İl Halk Sağlığı Müdürlüğü tarafından TSM'ye iletilir. TSM'ler tarafından ilgili ASM' ye bildirilir. ASM'de aileyi bilgilendirerek ikinci kontrol topuk kan numunesi alınır. Kontrol kan örneği de pozitif gelen yenidoğanların 3 ay içerisinde kesin tanısı koyulup sisteme girilmelidir.

Topuk Kan Numunesi Alma İşleminde Dikkat Edilmesi Gerekenler

Numune alma işlemi sırasında dikkat edilmesi gerekenler şunlardır (Bayrak ve Ünsal, 2022);

- Numune alınmadan önce ebeveynler tarama konusunda bilgilendirilmelidir. Formdaki 'Ebeveyn Rıza' bölümü numune alınan veya alınmayan her bebek için doldurulmalı ve ailesine imzalatılmalıdır.
- Ailenin ve bebeğin bilgileri (kimlik numarası, iletişim bilgileri, bebeğin doğum yeri, saati, tarihi, ağırlığı, gebelik haftası, kan örneği alınan saati, alındığı kurum, hemşire adı, özel tedavileri vb.) siyah renkli tükenmez kalem ile doldurulmalı ve ebeveynlerin iki kez kontrol etmesi sağlanmalıdır.
- Numune kartları örnek alınmadan önce kontrol edilmelidir. Bu kartlar temiz, kuru ve güneş ışığından uzak bir yerde muhafaza edilmelidir. Yıpranmış kartlar kullanılmamalıdır.
- Kartlar kullanılmadan önce son kullanma tarihine bakılarak güncelliği kontrol edilmelidir.
- İşlemden önce ve sonra kan örneği için ayrılmış yere elle dokunulmamalıdır.
- İşlem sırasında ağrıyı azaltmak için nonfarmakolojik yöntemlerden faydalanılabilir.
- İşlem sırasındaki ağrıyı ve hassasiyeti azaltmak için otomatik lansetler kullanılmalıdır.
- Numune alınacak topuk bölgesi temiz olmalıdır. Gaita, krem, parfüm vb. olmamalıdır.
- Tarama için sadece topuktan alınan kan kullanılmaktadır. Venöz damarlardan tüplere alınan kanlar kullanılmamaktadır (Ovalı, 2019).

Topuk Kanı Örneği Almada Hemşirelerin Sorumlulukları

Yenidoğandan uygun zaman ve doğru teknikle topuk kanının alınıp analize gönderilmesi ülkemizde tarama programındaki metabolizma hastalıklarının erken tanılanıp tedaviye başlaması için önemlidir. Uygun zaman ve doğru teknikle alınan topuk kanının değerlendirilip, tedaviye başlanmasıyla çocuğun yaşamını kısıtlayan metabolizma hastalıklarının etkileri kaldırılmaya çalışılır (Raymond ve LaFranchi, 2010).

Topuk kanı alınmadan önce ebeveynlere işlemin neden ve nasıl yapılacağı açıklanmalıdır. Hangi durumlarda testin tekrarlanacağı ve test sonuçlarını nasıl takip edecekleri konusunda bilgilendirilmelidirler. Tarama sonucunda metabolizma hastalığı bulunan yenidoğanlar uzman bir hekime yönlendirilmelidirler. Hekim tarafından verilmiş olan ilaçlara ve diyete uyulup uyulmadığı konusunda hemşire tarafından takip edilmelidirler. Aileye kontrollere gitmeleri, ilaçları düzenli kullanmaları ve diyete uymaları konusunda danışmanlık verilmelidir (Kırcalı, 2017; Joseph, 2017).

Topuk kanı alma işleminde yapılan hatalara yönelik yapılan çalışmalar

Topuk kanı alma işlemine yönelik yapılan çalışmalar değerlendirildiğinde alanyazında işlem kaynaklı ağrıya ve ağrı kontrolüne daha fazla yer verildiği görülmektedir. Topuk kanı işlemini yapılabilmesi için özellikle annelerin topuk kanı işleminin neden yapıldığını bilmesi ve bebeği açısından önemini kavraması gerekir. Turan Büyük (2014) yaptığı çalışmada annelerin %78'inin topuk kanı alma işleminin nedenini bilmediğini belirtmiştir. Aynı çalışmada annelerin bu işlemin yapılma nedenini bilme durumunun ise yaş, eğitim durumu, aile yapısı, annenin kalıtsal hastalığı gibi birçok faktörden etkilenmediği belirtilmiştir. Annelerin topuk kanının alınma nedenini bilmemesi ya da yanlış bilmesi, topuk kanı alma işleminin reddedilmesi gibi

durumların yaşanmasına da yol açmaktadır. Bu durum bilimsel ve adli birçok yazıda dile getirilmiş olmasına rağmen hala giderek artan bir topuk kanı alma işleminin reddedilmesi ile karşı karşıya kalınmaktadır.

Topuk kanı alma işlemi sorasında yapılan hatalar; el hijyenine dikkat edilmemesi ve guthrie testinde kan örneği alınacak filtre kağıdına dokunmak, kağıdı üzerindeki bilgilerin işlem sonrasında doldurulması, alınan kan örneğinin yetersiz alınması, uygun saklama koşullarında saklanmaması, nakil işlemlerindeki gecikmeler gibi birçok unsurdan kaynaklanabileceği belirtilmektedir. Bu nedenleri önlemeye yönelik alınan tedbirin ise hizmetiçi eğitimler olduğu görülmüştür. Eğitimler yararlı olmakla birlikte işlem kaynaklı yalancı pozitiflik ya da negatiflik oranlarını belirten çalışmaya rastlanmamıştır. Bu nedenle hemşirelik çalışmaları kapsamında topuk kanı alma işlem sonuçlarının hatalı olma oranı ve ilişkili unsurlara yönelik yeni çalışmaların yapılması önerilmektedir.

KAYNAKÇA

Akova, İ., Kılıç, E., Koşaroğlu, N.E. Yenidoğan Metabolik ve Endokrin Hastalıkların 10 Yıllık Tarama Programı Sonuçlarının Değerlendirilmesi: Sivas İli, Türkiye Örneği. Turkish Journal of Public Health, 20,3, 2022.

Altunhan, H., Yılmaz, F. H. Yenidoğanın Değerlendirilmesi ve Yenidoğan Taramaları. Türkiye Klinikleri J Fam Med-Special Topics, 9, 1, 2018.

Arslan, A., Çiğdem, Z. *0-1 Yaş Arası Çocuğu Olan Ebeveynlerin Genişletilmiş Yenidoğan Tarama Programına İlişkin Düşünceleri*, Yüksek Lisans Tezi, Marmara Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 2010.

Aşkan, F., Çetinkaya, Ş. Yenidoğan Tarama Testlerinde Çocuk Hemşiresinin Rolü. Academic Studies on Natural and Health Sciences, 5, 2, 2019.

Bakar, T. F. Genişletilmiş Yenidoğan Taraması. Türkiye Klinikleri J Pediatri, 21,4, 2012.

Bayrak, R., Ünsal, A., Güneş, A. The Knowledge Level Of The Healthcare Professionals Responsible For Newborns' Heel Prick Tests. Journal of Pediatric Nursing, 78, 2024.

Bayrak, R., ve Ünsal, A. Yenidoğan Topuk Kanı Taraması İşlem Basamakları ve Görev Alan Sağlık Çalışanları. Türkiye Sağlık Bilimleri ve Araştırmaları Dergisi, 5, 2, 2022.

Bayrak, R., *Yenidoğan Topuk Kanı Taramasında Görev Alan Sağlık Çalışanlarının Konu ile İlgili Bilgi Düzeyleri,* Yüksek Lisans Tezi, Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Kırşehir, 2021.

Büyük, E. T. Annelerin Bebeklerine Yapılan Topuk Kanı Alma İşlemi Hakkındaki Bilgileri. Gümüşhane Üniversitesi Sağlık Bilimleri Dergisi, 3, 3, 2014.

Erbay, E. A., Yıldız, D. *Yenidoğan Taramaları Hakkında Anne Bilgi ve Tutumları Ölçeği Türkçe Geçerlilik ve Güvenirlik Çalışması*, Yüksek Lisans Tezi, Gülhane Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 2020.

Erdim, L., İnal, S. Taking Samples and Sending in Newborn Screening Tests and Responsibilities of Nurses. Sağlık Bilimleri ve Meslekleri Dergisi, 5,1, 2018.

Evcili, F., Cesur, B., Yurtsal, B., Kaya, N., Annelerin Yenidoğan Tarama Testlerine İlişkin Görüşlerinin ve Tarama Programlarına Katılma Durumlarının Belirlenmesi. Mersin Üniversitesi Sağlık Bilimleri Dergisi, 10, 1, 2017.

Fabie, N.A.V., Pappas, K.B., Feldman, G.L. The Current State of Newborn Screening in the United States. Pediatric Clinics of North America, 66, 2, 2019.

Hacettepe Üniversitesi. Tıp Fakültesi Halk Sağlığı Anabilim Dalı Toplum İçin Bilgilendirme Dizisi. (2020). Ulusal Fenilketonüri Günü. https://halksagligi.hacettepe.edu.tr/duyurular/halkayonelik/fku2020.pdf (Erişim tarihi: 12.12.2024).

https://hsgm.saglik.gov.tr/tr/tarama-programlari/ntp.html (Erişim tarihi: 07.10.2024).

Joseph, R.A. Expanded Newborn Screening: Challenges to NICU Nurses. Advances in Neonatal Care: Official Journal of the National Association of Neonatal Nurses, 17,3, 2017.

Kırcalı, B., *Ebe/Hemşirelerin Topuk Kanı Alma Uygulamalarının Değerlendirilmesi*, Yüksek Lisans Tezi, Ege Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, İzmir, 2017.

Ovalı, F. Yenidoğan Taramaları. Klinik Tıp Pediatri Dergisi, 11, 4, 2019.

Pinheiro, J.M.F., Flor, T.B.M., Marinho, C.D.S. R., Pires, V.C.D.C., Oliveira, L.I.C., Bezerra, M.R.O., Clementino, J.R., ve Andrade, F.B. Prevalence of the Five Newborn Screening Tests. *PLoS One*, 16, 9, 2021.

Raymond, J., LaFranchi, S. H. Fetal and neonatal thyroid function: review and summary of significant new findings. Current opinion in endocrinology, diabetes, and obesity, 17, 1. 2010.

Turak Büyük, E. Annelerin Bebeklerine Yapılan Topuk Kanı Alma İşlemi Hakkındaki Bilgileri. Gümüşhane Üniversitesi Sağlık Bilimleri Dergisi /Gümüşhane University Journal of Health Sciences. 2014; 3 (3): 883-892

Uslu HS, Zübarioğlu AU, Bülbül A. Neonatoloji Perspektifinden Selektif Metabolik Tarama Testleri. JAREM, 5, 2015.

Ülker, İ., ve Şanlıer, N. Fenilketonüride Beslenme ve Yeni Tedavi Yaklaşımları. Güncel Pediatri Dergisi, 16, 2, 2018.

Yıldız, S., Balcı, S., Görak, G. Guthrie Tarama Testi İçin Örnek Alma Uygulamalarının ve Test Sonuçlarının Değerlendirilmesi. Atatürk Üniversitesi Hemşirelik Yüksekokulu Dergisi, 9,1, 2006.

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

Hafif Çelik Hangarların Sismik Performansının Sonlu Elemanlar Metodu ile Analizi

Yüksek Lisans Öğrencisi Nagihan Küçükönder

Mimarlık Fakültesi, Erciyes Üniversitesi, Kayseri, Türkiye,

nagihankonder@gmail.com

0009-0002-6024-6259

Doç.Dr.Ali İhsan Çelik

İnşaat Bölümü, Tomarza Mustafa Akıncıoğlu Meslek Yüksekokulu, Kayseri Üniversitesi, Kayseri, Türkiye,

acelik@kayseri.edu.tr,

0000-0001-7233-7647

Özet

Hafif çelik yapılar, sağladıkları ekonomik ve yapısal avantajlar nedeniyle inşaat sektöründe giderek daha fazla tercih edilmektedir. Bu yapıların düşük ağırlığı, yüksek dayanıklılığı ve hızlı inşa süreçleri, özellikle deprem bölgelerinde güvenli ve maliyet etkin çözümler sunmaktadır. 2023 Kahramanmaraş depremi, mevcut yapıların büyük ölçüde yetersizliğini ortaya koymuş ve hafif çelik yapıların önemini bir kez daha göstermiştir. Bu çalışmada, Kahramanmaraş'ın Dulkadiroğlu ilçesinde bulunan Karpedo firmasına ait bir hangar-depo binasının sismik davranışı Sonlu Elemanlar Yöntemi (FEM) kullanılarak analiz edilmiştir. İncelenen yapı, 15 metre uzunluğunda, 13 metre genişliğinde ve 8,5 metre yüksekliğinde olup, 100 mikron kalınlığında galvanizli çelik sacdan inşa edilmiştir. Yapının sismik performansı, Türkiye Deprem Yönetmeliği 2018 (TBDY 2018) standartlarına uygun şekilde analiz edilmiştir. Modal analiz, response spectrum analizi ve burkulma analizi sonuçlarına göre, yapının doğal frekansları, gerilme dağılımları ve deformasyonları detaylı olarak incelenmiştir. Sonuç olarak, elde edilen bulgular, hafif çelik yapıların yüksek mukavemet-ağırlık oranı ve elastik deformasyon kapasiteleri sayesinde deprem bölgelerinde güvenli bir çözüm sunduğunu ortaya koymaktadır. Bu tür yapılar güvenli olmasının yanında hızlı üretim ve montaj süreçleri sayesinde kriz durumlarında hızlı yeniden yapılanma imkânı sağlamaktadır. Ayrıca, hafif çelik yapılar mimari esneklikleri sayesinde farklı ihtiyaçlara uyum sağlayarak kullanıcı odaklı tasarım fırsatları sunmakta hem fonksiyonel hem de estetik çözümler geliştirilmesine olanak tanımaktadır. Bu yönleriyle, hafif çelik yapılar inşaat sektöründe güvenlik, ekonomi ve estetik arasındaki dengeyi sağlamada önemli bir rol üstlenmektedir.

Anahtar Kelimeler: Hafif çelik yapı, sismik analiz, FEM analiz, Deprem, Güvenli yapı

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

1. Giriş

Türkiye, aktif fay hatları üzerinde yer alması nedeniyle tarih boyunca büyük depremlerle karşı karşıya kalmıştır. Bu da inşaat sektöründe deprem dayanıklı yapı tasarımını ve uygulamasını zorunlu hale getirmiştir. Özellikle 2023 yılında Kahramanmaraş ve çevresinde meydana gelen yıkıcı depremler, yapı stokunun deprem güvenliği açısından yetersiz olduğunu ve modern yapı çözümlerine olan ihtiyacı bir kez daha ortaya koymuştur. Bu bağlamda, hafif çelik yapılar, sundukları ekonomik, yapısal ve uygulama avantajlarıyla ön plana çıkmaktadır. Hafif çelik yapılar, düşük ağırlıkları ve yüksek mukavemetleri sayesinde deprem yüklerine karşı dirençli yapısal çözümler sunmaktadır. Hafif malzeme kullanımı, yapının toplam ağırlığını azaltarak deprem sırasında oluşan yatay kuvvetlerin etkisini minimuma indirmekte, böylece sismik performansı artırmaktadır. Ayrıca, bu yapıların hızlı montaj imkânı, deprem sonrası yeniden yapılanma süreçlerinde büyük bir avantajlar sağlamaktadır (Aksoy & Demirtaş, 2017).

2023 Kahramanmaraş depremi sonrası yapılan değerlendirmeler, bölgedeki eski yapıların büyük oranda hasar gördüğünü veya tamamen yıkıldığını göstermiştir. Buna karşılık, hafif çelik ve modüler yapı sistemlerinin deprem sonrası yeniden yapılanma için uygun bir çözüm olduğu belirlenmiştir. Bu tür yapıların depreme karşı gösterdiği dayanıklılık ve ekonomik uygulanabilirlik, inşaat sektöründe bu sistemlerin daha fazla tercih edilmesine yol açmaktadır. Bu bağlamda, modern mühendislik analiz araçlarının, özellikle Sonlu Elemanlar Metodu (Finite Element Method-FEM) gibi gelişmiş sayısal yöntemlerin, deprem dayanıklılığını değerlendirmedeki rolü büyüktür. FEM, karmaşık yapı sistemlerinin sismik davranışını modellemek ve analiz etmek için etkili bir yöntemdir. Yapısal elemanların deformasyonlarını, gerilme dağılımlarını ve bağlantı noktalarının performansını ayrıntılı bir şekilde inceleme imkânı sunar (Battye, 2010).

Bu çalışmada, Kahramanmaraş'ta bulunan bir hafif çelik hangar-depo binasının sismik davranışı FEM kullanılarak analiz edilmiştir. Çalışmanın temel amacı, yapının deprem yükleri altındaki performansını değerlendirmek, potansiyel zayıf noktaları belirlemek ve bu bulgular doğrultusunda deprem dayanıklılığını artıracak öneriler geliştirmektir. Mimari açıdan, hafif çelik yapılar, hızlı inşa edilebilme, düşük ağırlık ve yüksek dayanıklılık gibi avantajlar sunmakla birlikte, deprem gibi dinamik yükler altında gösterdikleri performans, özellikle sismik risklerin yüksek olduğu bölgelerde kritik bir öneme sahiptir. Bu analizler, yapının sadece dayanıklılığını değil, aynı zamanda mimari tasarımın güvenliğini ve sürdürülebilirliğini de göz önünde bulundurarak daha verimli ve estetik açıdan uyumlu yapıların tasarlanmasına katkı sağlamaktadır. Sonuç olarak, hafif çelik yapıların mimari ve mühendislik disiplinleri arasındaki entegrasyonunu güçlendirerek, daha güvenli, dayanıklı ve çevreyle uyumlu tasarımların geliştirilmesine olanak tanıyacağı düşünülmektedir.

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

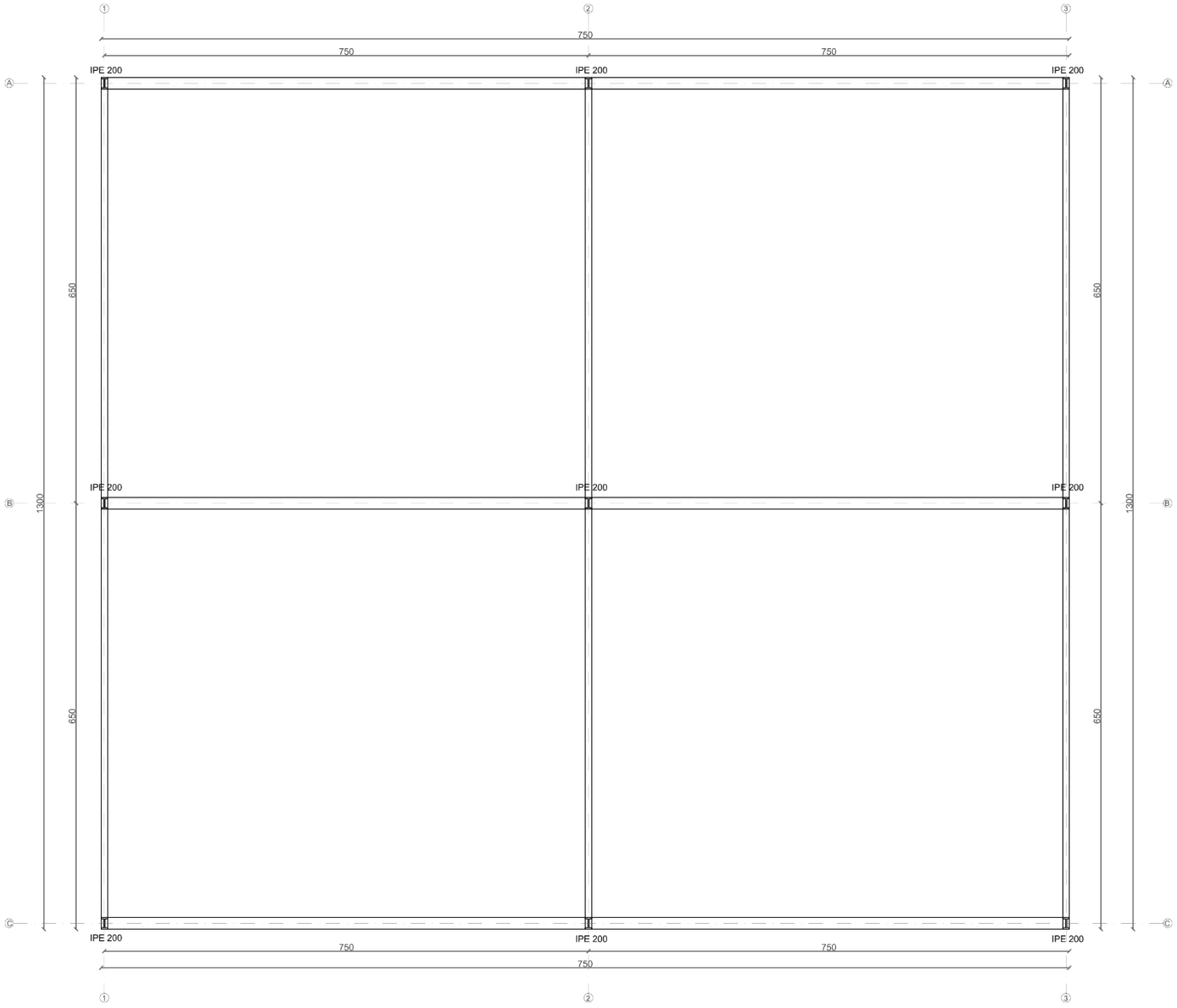
2.Yöntem

2.1. Yapının Tanımı

Bu çalışmada incelenen yapı, Kahramanmaraş ilinin Dulkadiroğlu ilçesinde, yüksek deprem riski taşıyan bir bölgede yer almaktadır. Karpedo firmasına ait olan bu hangar-depo binası, endüstriyel depolama ve lojistik faaliyetleri için tasarlanmıştır. Yapı, modern hafif çelik yapı teknolojileri kullanılarak inşa edilmiş olup, dayanıklılık, hızlı montaj ve maliyet etkinliği gibi özellikleri sayesinde özellikle deprem bölgelerinde tercih edilen bir yapı türüdür. Binanın toplam uzunluğu 15 metre, genişliği 13 metre ve yüksekliği 8,5 metre olup, geniş bir depolama alanı ve iç mekân hacmi sunmaktadır. Yapının taşıyıcı sistemi, çelik kolonlar, çelik kirişler ve galvanizli çelik sac panellerden oluşmaktadır. Taşıyıcı elemanlar, tek açıklıklı bir çerçeve sistemi şeklinde düzenlenmiştir. Yapıda kullanılan çelik, IPE200 profilleri ile sağlanmış olup, bu profiller yüksek mukavemet özellikleri ve uygun geometrisi ile yapı için ideal bir taşıyıcı eleman oluşturmuştur. Çatı yapısı, galvanizli çelikten imal edilmiş eğimli bir tasarıma sahiptir ve bu sayede kar ve yağmur gibi çevresel yüklerin etkili bir şekilde taşınması sağlanmaktadır. Yapı elemanları arasında yük aktarımı, yüksek mukavemetli cıvatalar ve kaynaklı birleşimlerle gerçekleştirilmiştir. Galvanizli çelik malzeme, 100 mikron kalınlığında bir kaplama ile korozyona karşı dayanıklı hale getirilmiştir. Görsel 1'de yapının statik çizimi ve ölçüleri verilmiştir.

Yapının tasarımında Kahramanmaraş'ın hem sismik hem de iklimsel koşulları göz önünde bulundurulmuştur. Hafif çelik malzemelerden inşa edilen yapı, deprem sırasında oluşabilecek yatay yükleri azaltmak ve sismik enerjiyi etkili bir şekilde dağıtmak amacıyla planlanmıştır. Hafif çelik sistem, yapının düşük ağırlığı sayesinde deprem sırasında oluşan kuvvetlerin minimize edilmesini sağlamış, aynı zamanda malzemenin yüksek dayanıklılığı sayesinde deprem yüklerine karşı güvenli bir performans göstermesi hedeflenmiştir. Bu bağlamda, incelenen yapının fiziksel ve yapısal özellikleri, FEM analizinde dikkate alınan önemli parametrelerin belirlenmesine katkıda bulunmuştur.

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



Görsel 1 Karpedo Binası Statik Çizimi

2.2. Sonlu Elemanlar Metodu (FEM)

Bu çalışma kapsamında, hafif çelik yapı modelinin modal ve sismik analizleri gerçekleştirilerek yapının deprem etkilerine karşı dinamik davranışı incelenmiştir. Analizler, ANSYS Workbench 2020 R2 yazılımı kullanılarak gerçekleştirilmiş ve Türkiye Deprem Yönetmeliği 2018 (TBDY 2018) gerekliliklerine uygun olarak tasarlanmıştır. Modal analiz ile yapının doğal frekansları ve mod şekilleri belirlenmiş, ardından yanıt spektrumu analizi kullanılarak sismik yüklerin etkisi altında maksimum yer değiştirme ve ivme değerleri hesaplanmıştır. Statik yapısal analiz ile yapının elastik sınırlar içerisindeki deformasyon ve gerilme davranışları incelenmiş, burkulma analizleriyle yapının kritik burkulma yükleri ve stabilite özellikleri değerlendirilmiştir.

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

Modal Analiz

Modal analiz, bir yapının doğal titreşim özelliklerini ortaya koyarak, deprem gibi dinamik etkiler altında sergileyeceği davranışı anlamayı amaçlamaktadır. Bu analiz sırasında, yapının hafif çelik olduğu belirtilmiş ve galvanizli çelik malzemeye ait elastik modül, yoğunluk ve akma mukavemeti gibi mekanik özellikler Görsel 2'de gösterildiği şekilde tanımlanmıştır.

Properties of Outline Row 4: Galvanizli Hafif çelik

	A	B	C	D	E
1	Property	Value	Unit		
2	Material Field Variables	Table			
3	Density	7850	kg m^-3		
4	Isotropic Elasticity				
5	Derive from	Young's Modulus and Poisson...			
6	Young's Modulus	210	MPa		
7	Poisson's Ratio	0,3			
8	Bulk Modulus	1,75E+08	Pa		
9	Shear Modulus	8,0769E+07	Pa		
10	Tensile Yield Strength	250	MPa		

Görsel 2 Galvanizli Hafif Çelik Materyal Özellikleri

Yapının kütle ve sertlik matrisleri kullanılarak doğal frekansları ve mod şekilleri elde edilmiştir. Modal analizde kullanılan temel denklem, Eigenvalue problemini temsil eden aşağıdaki eşitliktir:

$$[K]\cdot\{u\}=\lambda\cdot[M]\cdot\{u\} \quad (1)$$

Bu denklemde, [K] sertlik matrisi, [M] kütle matrisi, λ doğal frekansların kareleri ve {u} ise mod şekillerini ifade etmektedir. Analiz sonucunda, yapının doğal frekansları ve bu frekanslara karşılık gelen mod şekilleri belirlenmiştir. Elde edilen bu veriler, sismik analiz için bir temel oluşturmuş ve yapının dinamik özellikleri hakkında önemli bilgiler sağlamıştır.

Sismik Analiz (Response Spectrum Analizi)

Sismik analiz, deprem etkileri altında yapının ivme, hız ve yer değiştirme gibi dinamik tepkilerini incelemek amacıyla gerçekleştirilmiştir. TBDY 2018 yönetmeliği doğrultusunda, Pazarcık depremine ait zemin sınıfı ve spektral parametreler dikkate alınmıştır. Bu bağlamda kullanılan temel spektral parametrelerse AFAD'ın yayınladığı Sismik Tehlike Raporundan alınmış,Çizelge 1'de görüldüğü şekilde belirtilmiştir:

Çizelge 1. 6 Şubat Kahramanmaraş depremine ait zemin ve Spektral değerler

Parametre	Değer
Ss	0,914
S1	0,244
Sds	1,097
SD1	0,366
PGA	0,383 g
PGV	23,775 cm/sn

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

Ss : Kısa periyot harita spektral ivme katsayısı	
S1 : 1.0 saniye periyot için harita spektral ivme katsayısı	
Sds : Kısa periyot tasarım spektral ivme katsayısı	
Sd1 :1.0 saniye periyot için tasarım spektral ivme katsayısı	
PGA : En büyük yer ivmesi (g)	
PGV : En büyük yer hızı (cm/sn)	

Spektral yer değiştirme (D) değerleri, elastik spektral ivmeler kullanılarak şu denklem yardımıyla hesaplanmıştır:

$$D(T)=(2\pi/T)2Sa(T)\cdot g \quad (2)$$

Bu eşitlikte, Sa(T)) elastik spektral ivme katsayısını, T ise periyodu ifade etmektedir. TBDY 2018 spektral yer değiştirme sınırları (T_A, T_B, T_C) doğrultusunda, yapının yer değiştirme değerleri ve frekans tepkileri değerlendirilmiştir. ANSYS Workbench yazılımında gerçekleştirilen response spectrum analizi ile yapı üzerindeki maksimum deplasman ve frekans değerleri belirlenmiştir.

Eigenvalue Buckling Analizi

Eigenvalue Buckling analizi, yapının stabilite sınırlarını ve burkulma yüklerini belirlemek amacıyla gerçekleştirilmiştir. Bu analiz, sonlu elemanlar yöntemi (FEM) kapsamında, sistemin kritik burkulma yüklerini (P_{cr}) ve burkulma modlarını hesaplamak için kullanılmıştır. Bu bağlamda, yapının rijitlik (K) ve geometrik rijitlik (K_g) matrisleri arasındaki ilişki, özdeğer problemi olarak ele alınmıştır:

$$[K-\lambda K_g]\{u\}=0 \quad (3)$$

Bu denklemde, K rijitlik matrisi, K_g geometrik rijitlik matrisi, λ(lamda) burkulma faktörü (eigenvalue) ve {u} burkulma modlarını ifade eder. Analiz sırasında, yapıya uygulanan yükler doğrultusunda kritik burkulma yükleri ve bu yükler altında yapının sergilediği burkulma şekilleri belirlenmiştir. İlk özdeğer (λ_1) yapının en düşük burkulma yüküne karşılık gelirken, daha yüksek özdeğerler diğer burkulma modlarını temsil etmektedir.

Elde edilen analiz sonuçları, hafif çelik yapının stabilite performansını değerlendirerek burkulma riski altında güvenli tasarım parametrelerini ortaya koymuştur.

Kullanılan Deprem Verileri

Sismik analizlerde, Kahramanmaraş depremine özgü zemin sınıfı (örneğin, ZC veya ZD) ve deprem spektrumu dikkate alınmıştır. Kullanılan spektral ivme ve yer değiştirme değerleri, AFAD verileri ve literatürden alınan parametreler doğrultusunda oluşturulmuş, TBDY 2018'e uygun bir spektrum tanımlanmıştır. Deprem etkisi altındaki yapıların dinamik davranışını belirlemek için yapılan analizlerde, frekans ve yer değiştirme ilişkisi, spektral ivme (Sa) ve yer değiştirme (D) hesaplamalarına dayandırılır. Bu çalışma kapsamında Kahramanmaraş

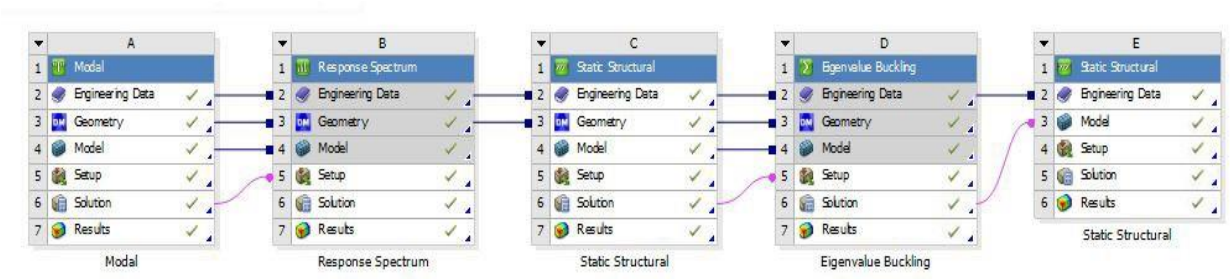
depremine ilişkin sismik parametreler ve TBDY 2018 yönetmeliğinde tanımlı eşitlikler kullanılarak frekans değerleri ile spektral yer değiştirme arasındaki ilişki incelenmiştir. Hesaplamalar, spektral ivme değerlerinin frekansa bağlı değişimini yansıtan eşitliklere dayanmakta ve bu değerler, yer değiştirme formülüne uygulanarak her bir frekans için milimetre cinsinden yer değiştirme elde edilmiştir. Bu bilgilerle oluşturulan frekans-displacement verileri Çizelge 2'de verilmiştir.

Çizelge 2 : Frequency/Displacement Verileri

Frequency [Hz]	Displacement [mm]
0,5	81
1	40,5
2	20,25
3	13,5
4	10,13
5	8,1
6	6,75
7	5,79
8	5,06
9	4,5
10	4,05

3.Bulgular

Yapılan analizde, hafif çelik yapı elemanlarının sismik performansı TBDY 2018 kriterlerine uygun olarak incelenmiştir. Frekans tabanlı hesaplama yöntemiyle elde edilen yer değiştirme değerleri ve tepkiler, 6 Şubat 2023/Pazarcık depremine ait sismik veriler kullanılarak belirlenmiştir. Model üzerinde yapılan işlemler ise Görsel 3'te verilmiştir.

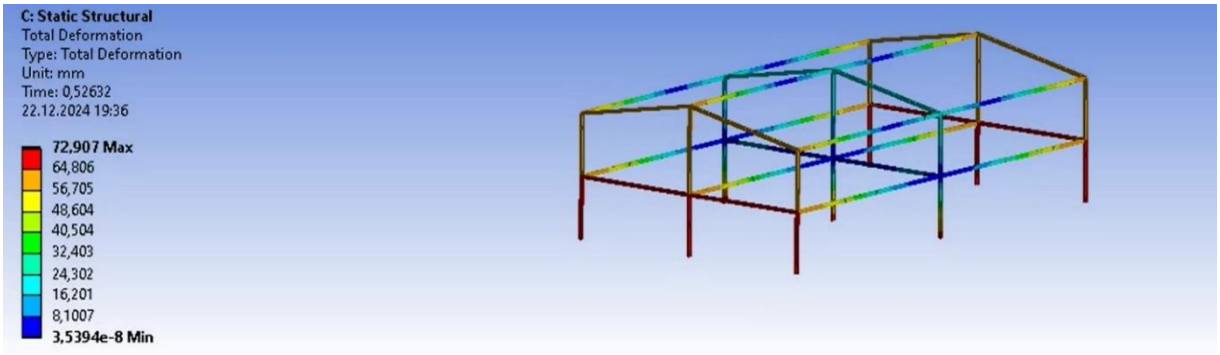


Görsel 3 Analiz sıralamasını gösteren Ansys Workbench Arayüzü

Tüm bu analizler sonucunda binanın total deformasyon (total deformation), yönlü deformasyon (directional deformation) Görsel 4, Görsel 5.'te verilmiştir.

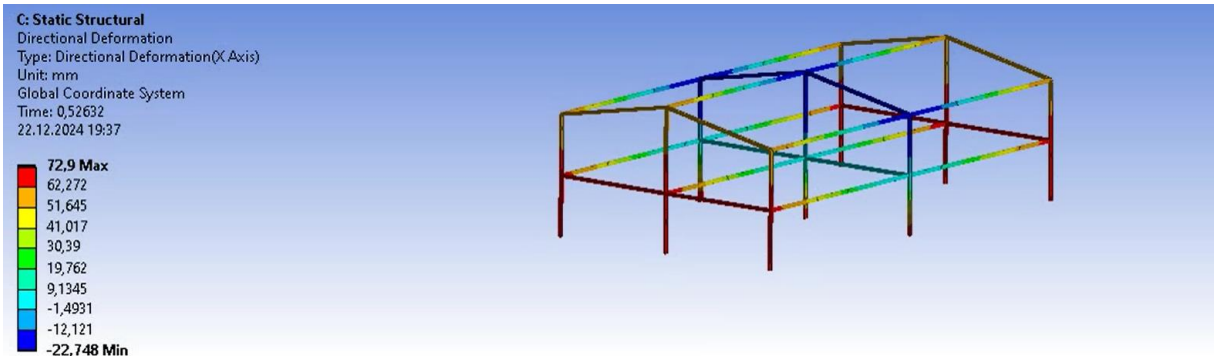
ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

Görsel 4'te görüldüğü gibi verilen tüm yükler sonucunda yapının maksimum yer değiştirmesi(displacement) 72,907 mm olarak gerçekleşmiştir. Görsel üzerindeki gerilme bölgelerine dikkat edildiğinde yükün kolon ve kirişlere homojen bir şekilde dağıldığı görülmektedir. Bu da yapı mimarisinin simetrik olduğunu göstermektedir.



Görsel 4 Yapının Total Deformasyon (Total Deformation) Özellikleri

Görsel 5'te Yapının X yönünde yaptığı yönlü deformasyon verilmiştir. Verilere göre yapının X yönünde yaptığı maksimum yer değiştirmesi ise 72,907 mm olarak gerçekleştirilmiştir. Yapılan analiz sonucunda, yapının hem total yer değiştirme (72,907 mm) hem de X yönündeki yönlü yer değiştirme (72,907 mm) değerlerinin eşit olması, toplam deformasyonun büyük ölçüde X yönünde gerçekleştiğini ve diğer yönlerdeki yer değiştirmelerin ihmal edilebilir düzeyde olduğunu göstermektedir. Bu durum, yapıya uygulanan yüklerin etkisinin yapısal simetri ve yük dağılımı doğrultusunda daha çok X ekseninde yoğunlaştığını ve yapı mimarisinin bu yönde hareketi baskın kılacak şekilde tasarlandığını işaret etmektedir.



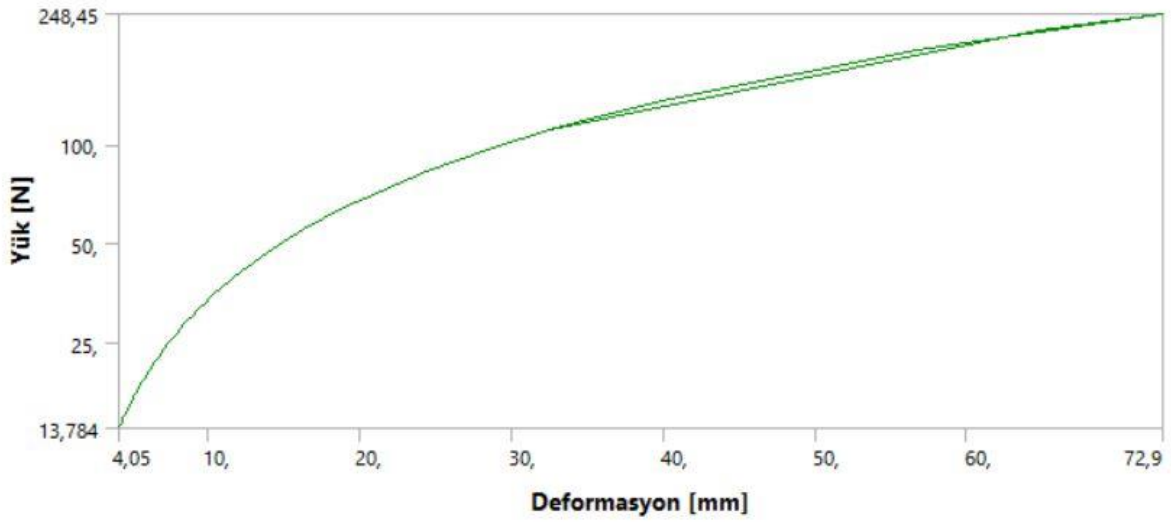
Görsel 5 Yapının Yönlü Deformasyon (Directional Deformation) Özellikleri

Tüm bu aşamalardan sonra elde edilen tepki kuvveti (force reaction) /deformasyon grafiği ise Görsel-6'daki gibidir. Görsel 5'teki Yük-yer değiştirme grafiğinde akma dayanımı tam olarak belli olmasa da, yaklaşık 40 MPa civarında olduğu ve bu noktada toplam yer değiştirmenin yaklaşık, 6 mm olduğu gözlemlenmektedir. Maksimum çekme dayanımının ise, 248 MPa kadar çıktığı ve toplam yer değiştirmenin 72,9 mm olduğu gözlemlenmektedir. Grafik, hafif çelik bir malzeme için tepki kuvveti (force reaction) ile deformasyon arasındaki ilişkiyi göstermektedir. Tepki kuvveti, deformasyonla birlikte doğrusal olmayan ancak sürekli artan bir eğilim sergilemiştir. Eğrinin doğrusal olmayan yapısı, hafif çeliğin elastik deformasyon sınırlarına

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

kadar rijit bir davranış sergilediğini, ancak artan yük altında elastisite modülünden sapmaların meydana geldiğini göstermektedir. Bu durum, malzemenin esneklik sınırlarının zorlanmaya başladığını ve deformasyonun daha yüksek seviyelerde malzeme doğrusal olmayan davranışlarıyla ilişkilendirilebileceğini ifade etmektedir. Grafik, hafif çelik malzemenin yükleme altında kararlı bir direnç sunduğunu, ancak deformasyonun artmasıyla yük taşımadaki rijitliğinin kademeli olarak azaldığını ortaya koymaktadır.

.



Görsel 6 Force Reaction/Deformation Grafiği

4.Sonuç

Bu çalışmada, hafif çelik yapıların sismik performansı sonlu elemanlar yöntemi kullanılarak detaylı bir şekilde analiz edilmiştir. Analiz sürecinde, yapıya uygulanan dinamik yükler altında meydana gelen total deformation, directional deformation ve reaction force gibi temel parametreler incelenmiştir. Modal analizle yapının doğal frekansları belirlenmiş, ardından spektrum analizi ve statik yükleme adımları ile deprem etkileri simüle edilmiştir. Ayrıca, yapı üzerinde oluşan stabilite durumunu değerlendirmek amacıyla burkulma analizi gerçekleştirilmiştir. Elde edilen sonuçlar, hafif çelik malzemenin sismik yükler altındaki davranışını anlamaya yönelik önemli veriler sağlamış, bu sonuçlarla yapının elastik deformasyon sınırları ve yük taşıma kapasitesi değerlendirilmiştir.

Yapılan analizler, hafif çelik yapıların sismik performans açısından üstün özellikler sunduğunu ve özellikle deprem bölgelerinde güvenli yapı tasarımı için kritik bir seçenek olduğunu ortaya koymaktadır. Hafif çelik, yüksek mukavemet-ağırlık oranı ve enerji sönümleme kapasitesi sayesinde, depremin yapılar üzerindeki olumsuz etkilerini sönümleyerek binanın dayanıklılığını önemli ölçüde artırmaktadır. Mühendislik perspektifinden bakıldığında, bu malzeme, deprem yüklerini etkin bir şekilde taşıyabilmekte ve elastik sınırları içinde kalacak şekilde şekil değiştirme kapasitesi sunmaktadır.

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

Mimari açıdan ise hafif çelik, tasarımda esneklik sağlayarak estetik, işlevsel ve modüler çözümlerin hayata geçirilmesine olanak tanımaktadır. Özellikle modüler sistemlere olan uygunluğu, geniş açıklıkların desteklenmesi ve hızlı montaj avantajlarıyla hem modern tasarım anlayışına hem de pratik inşaat süreçlerine katkı sunmaktadır. Sonuç olarak, hafif çelik malzemenin kullanımının, deprem bölgelerindeki yapı güvenliği ve mimari esneklik arasındaki dengeyi sağlama noktasında önemli bir rol oynadığı söylenebilir. Bu bağlamda, hafif çelik yapıların daha yaygın ve optimize bir şekilde kullanımı, yapı güvenliğini artırma ve sürdürülebilir mimarlık hedeflerine ulaşma açısından büyük bir potansiyel taşımaktadır.

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

Kaynaklar

1. Aksoy, B., & Demirtaş, Y. (2017). Deprem Bölgelerinde Hafif Çelik Yapıların Ekonomik ve Yapısal Avantajları. *İnşaat Mühendisliği Dergisi.*
2. Battye, D. (2010). Yapıların Sismik Analizinde Sonlu Elemanlar Yöntemi. *Yapısal Mühendislik İncelemeleri,* 34(4), 42-56.
3. Kaya, F. (2019). Türkiye'de Deprem Güvenliği ve Hızlı Yeniden Yapılanma Çözümleri. *Deprem Mühendisliği ve Yapısal Dinamik,* 48(8), 1123-1136.
4. AFAD (Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı). (2023). *2023 Kahramanmaraş Depremi Sonrası Değerlendirme Raporu.*
5. TMMOB İnşaat Mühendisleri Odası. (2023). *Kahramanmaraş Depremi Teknik İnceleme Raporu.*
6. Türkiye Deprem Yönetmeliği (TBDY 2018). *Türkiye'deki Yapılar İçin Sismik Tasarım Kriterleri.* Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı.
7. AFAD Sismik Tehlike Haritası. (2023). *Kahramanmaraş Bölgesi Sismik Risk Değerlendirmesi.* Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı (AFAD).

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

BİNALARDAKİ ISI YALITIMININ ENERJİ VERİMLİLİĞİ ÜZERİNE ETKİLERİNİN YAPAY SİNİR AĞLARI AÇISINDAN DEĞERLENDİRİLMESİ

Yüksek Lisans Öğrencisi Tuğba CİĞAL
Bayburt Üniversitesi Endüstri Mühendisliği Bölümü,
tugbacigal@bayburt.edu.tr - 0009-0009-8949-3473

Dr. Öğr. Üyesi Çağatay TEKE
Bayburt Üniversitesi Endüstri Mühendisliği Bölümü,
cagatayteke@bayburt.edu.tr - 0000-0002-6975-8544

ÖZET

Bu çalışmanın amacı, binalardaki ısı yalıtımının etkilerini ele alarak enerji tüketimini azaltmak ve çevresel sürdürülebilirliği desteklemektir. Enerji verimliliği ekonomik ve çevresel faydaları nedeniyle hem bireysel hem de toplumsal düzeyde kritik bir öneme sahiptir. Isı yalıtımı, özellikle enerji kayıplarını minimize ederek binaların enerji performansını artırmakta ve enerji maliyetlerini de düşürmektedir. Bu kapsamda, bu çalışmada yapay sinir ağları (YSA) ve Matlab yazılımı kullanılarak çeşitli ısı yalıtım senaryoları oluşturularak analiz edilmiştir.

Yapılan analizlerle, farklı ısı yalıtım malzemelerinin performansları, ısı kaybını engelleme kapasiteleri ve enerji tasarrufundaki etkileri ele alınmıştır. Elde edilen sonuçlara göre, uygun yalıtım malzemesi ve uygun yalıtım stratejilerinin seçilmesinin enerji tüketiminde %20 ila %40 oranında tasarruf sağladığını söylemek mümkündür. Ayrıca ısı yalıtımı uygulamaları fosil yakıt tüketimini azaltarak karbon emisyonlarının düşürülmesine katkıda bulunur ve çevreye duyarlı çözümler sunar.

YSA'nın sağladığı tahmin ve modelleme gibi yetenekler, bu alandaki analizleri daha doğru ve verimli hale getirmiştir. Çalışma kapsamında, Ecotect programıyla simüle edilen 12 farklı bina şeklinin enerji analizleri sonucunda elde edilen veriler kullanılmıştır. Veri setinde yer alan verilerin %70'i eğitim amacıyla kullanılırken %10'u ise doğrulama amaçlı kullanılmıştır. Geri kalan %20'lik kısım ise test aşamasında kullanılmıştır. Elde edilen sonuçlar, ısı yalıtımının sadece ekonomik bir seçenek değil, aynı zamanda çevresel sürdürülebilirlik açısından da kritik bir çözüm olduğunu ortaya koymaktadır. Bu bağlamda, enerji verimliliğini artırmak için yapı sektöründe enerji tasarrufuna yönelik politikaların ısı yalıtımıyla desteklenmesi gerektiği sonucuna ulaşılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Isı Yalıtımı, Enerji Verimliliği, Yapay Sinir Ağları

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

1. GİRİŞ

Binaların enerji verimliliğini artırmak, enerji tüketimini azaltmak ve çevresel etkileri en aza indirmek, küresel enerji politikalarının odak noktalarındandır. Bu bağlamda, ısı yalıtımının binalarda enerji tasarrufuna olan katkıları üzerine yapılan çalışmalar, hem akademik hem de endüstriyel düzeyde büyük önem taşımaktadır (Çomaklı & Yüksel, 2004).

Literatür incelendiğinde çeşitli ısı yalıtım malzemelerinin etkinliği üzerine yapılan çok sayıda çalışma, yalıtım malzemelerinin ısı iletkenliği, yoğunluğu, kalınlığı gibi parametrelerin performans üzerindeki etkilerini incelemiştir. Bu çalışmalar, bina enerji verimliliğini artıran en uygun malzeme seçiminin yapılmasına olanak sağlamıştır. Özellikle polistiren, cam yünü ve taş yünü gibi yaygın malzemeler üzerinde yapılan analizler, bu malzemelerin ısı geçişi üzerinde sağladığı düşüşü göstermektedir. Yapılan araştırmalar, binalarda doğru bir ısı yalıtımının enerji tüketimini önemli ölçüde azalttığını göstermektedir. Özellikle eski binalarda, yetersiz yalıtım nedeniyle ısıtma ve soğutma sistemlerinin çok daha fazla enerji harcadığı tespit edilmiştir. (Çomaklı & Yüksel, 2004).

Yapılan çalışmalardan yola çıkarak yalıtımsız ya da düşük yalıtımlı dış duvarların binalardaki en büyük ısı kaybı kaynağı olduğunu görmek mümkündür. Duvarlara 5-10 cm kalınlığında bir ısı yalıtımı uygulanarak ısı kayıplarının %30-40 azaltılabildiği ortaya konmuştur. Bununla birlikte, tek camlı ya da düşük yalıtımlı pencerelerin iç mekândaki ısının dışarı kaçmasına neden olduğu anlaşılmıştır. Pencerelerin çift camlı ve argon gazı dolgulu hale getirilmesinin ısı kaybını %50'ye kadar azaltabildiği ortaya konmuştur**.** Ayrıca yalıtımsız çatıların ısının doğrudan dış ortama kaçmasına neden olduğu çatı yalıtımıyla binalardaki toplam enerji kaybının %20-30 oranında azaltılabildiği yapılan çalışmalarla ortaya konmuştur (Çomaklı & Yüksel, 2004). Zemin yalıtımı eksikliği, özellikle toprakla temas eden zeminlerin ciddi ısı kayıplarına yol açtığı tespit edilmiştir. Yapılan zemin yalıtımının, bu alandaki ısı kaybını %50'ye kadar azaltabildiğini yapılan çalışmalarda görmek mümkündür. Bu tür tedbirlerle ısı kayıplarının %50'den fazla azaltılabileceği görülmektedir, böylelikle alınacak tedbirler hem ekonomik açıdan hem de çevresel etkilerin azaltılması açısından büyük bir öneme sahiptir (Kisilewicz vd., 2019).

Tüm bu yöntemlerin dışında binalarda enerji verimliliği sağlamak için geliştirilen optimizasyon modelleri, ısı yalıtımını içeren çeşitli parametreleri (malzeme türü, kalınlık, vb.) analiz ederek en verimli yapılandırmayı belirlemektedir. Bu modellerde genellikle matematiksel formüller ve simülasyon yazılımları kullanılarak en düşük enerji tüketimini sağlayan yapı çözümleri ortaya konmuştur. Yapay sinir ağları, enerji verimliliği alanında, özellikle binalarda kullanılan enerji verimliliği önlemlerinin optimizasyonu için kullanılmaktadır. YSA, çok büyük veri kümelerini işleyebilme yeteneği ve karmaşık ilişkileri modelleyebilmesi sayesinde, binadaki enerji kayıplarını azaltma ve verimli ısı yalıtımı malzemelerini seçme süreçlerinde etkili bir araçtır (Ertosun Yıldız vd., 2021). YSA'nın enerji verimliliği sağlamak amacıyla bina ısıtma ve soğutma süreçlerini optimize etmekteki kullanımı çeşitli çalışmalarla ele alınmıştır. Bu kapsamda, YSA ile enerji tüketimini optimize etmek amacıyla, yalıtım malzemelerinin türü ve

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

kalınlıkları gibi parametrelerin etkisi yapılan uygulamalarla modellenmiştir. Ayrıca YSA'nın enerji verimliliği uygulamalarında nasıl etkili bir araç olduğu yine bu çalışmalar sayesinde ortaya konmuştur (Ertosun Yıldız vd., 2021; Tekkanat & Topaloglu, 2017; Tosun & Dincer, 2011).

2. MATERYAL VE METOT

2.1. Simülasyon Modellemesi

Bu aşama, binanın ısı kayıplarını simüle ederek, kullanılan malzemelerin ve yapı özelliklerinin enerji verimliliği üzerindeki etkilerini değerlendirmeyi amaçlar. Ecotect yazılımı, enerji simülasyonları için oldukça güçlü bir araçtır ve bina içindeki enerji tüketimi, ısı kayıpları gibi parametreleri analiz etme olanağı sağlar (Yang vd., 2014).

Tsanas & Xifara (2012), Ecotect'te simüle edilen 12 farklı bina şeklini kullanarak enerji analizi gerçekleştirmiştir. Binalar, diğer parametrelerin yanı sıra cam alanı, cam alanı dağılımı ve yönelim açısından farklılık göstermektedir. Yukarıda bahsedilen özelliklerin fonksiyonları olarak çeşitli ayarlar simüle edilmiş ve 768 bina şekli elde edilmiştir. Veri kümesi, toplam 768 veriden oluşmaktadır ve 8 özellik ve iki hedef değişkeni bünyesinde barındırmaktadır. Bunlar sırasıyla, bağıl kompaktlık, yüzey alanı, duvar alanı, çatı alanı, toplam yükseklik, yönlendirme, cam alanı, cam alanı dağılımı, ısıtma yükü ve soğutma yüküdür. Bu çalışmada, burada bahsi geçen veriler kullanılmıştır.

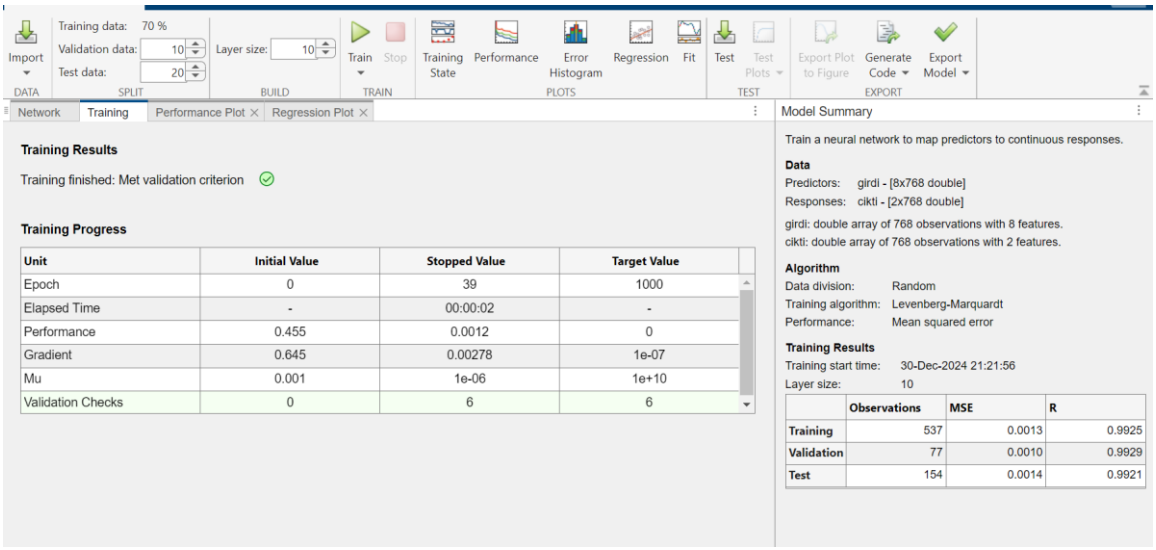
2.2. YSA

YSA, insan beynindeki biyolojik sinir ağlarının yapısından ve işlevinden esinlenen matematiksel modellerdir (Qamar & Zardari, 2023; Rosa, 2013). Çarpma, toplama ve aktivasyon fonksiyonları aracılığıyla bilgiyi işleyen basit 'nöron benzeri' düğümlerin birbirine bağlı katmanlarından oluşurlar (Krenker vd., 2011; Willis vd., 1991). Simülasyon verileri YSA kullanılarak analiz edilmiş, enerji verimliliğini artırmak için en uygun ısı yalıtım çözümleri belirlenmeye çalışılmıştır. Oluşturulan YSA, binanın enerji verimliliği üzerinde en iyi etkiye sahip parametre kombinasyonlarını belirlemek için eğitilmiştir. YSA'nın girdi katmanında sekiz nöron çıktı katmanında ise iki nöron bulunmaktadır.

3. BULGULAR VE TARTIŞMA

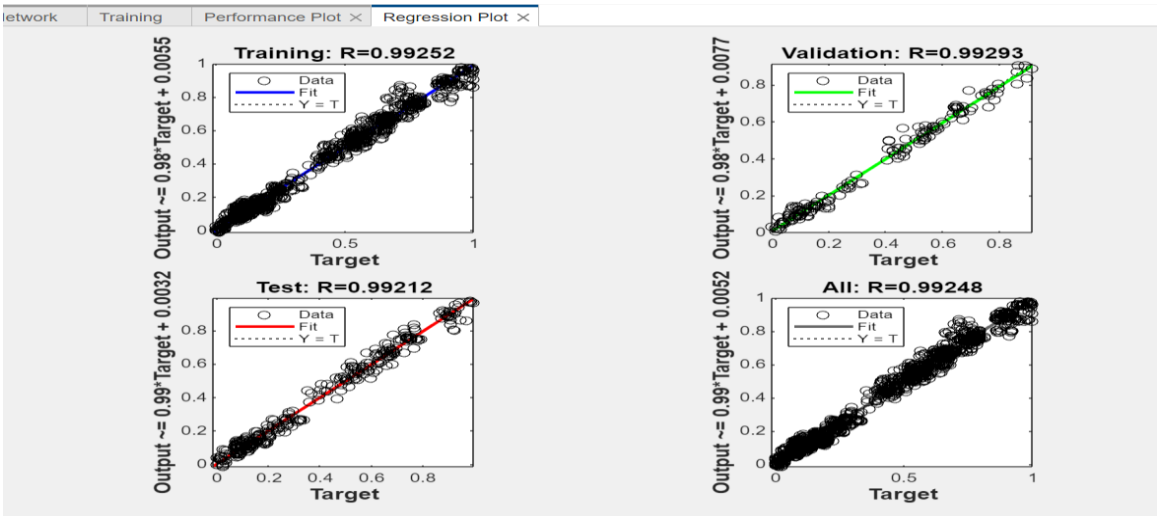
Çalışma kapsamında oluşturulan YSA'nın eğitim, doğrulama ve test sürecine dair bulgular Görsel 1, Görsel 2 ve Görsel 3 de yer almaktadır. Elde edilen sonuçlar ışığında modelin yüksek doğruluk oranlarına sahip olduğunu ve genelleme yeteneğinin güçlü olduğunu söylemek mümkündür. Eğitim, doğrulama ve test setlerinde elde edilen ortalama karesel hata (MSE) değerlerinin düşük olması bize modelin aşırı öğrenme sorunu yaşamadığını ayrıca tahmin gücünün yüksek olduğunu kanıtlamaktadır.

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



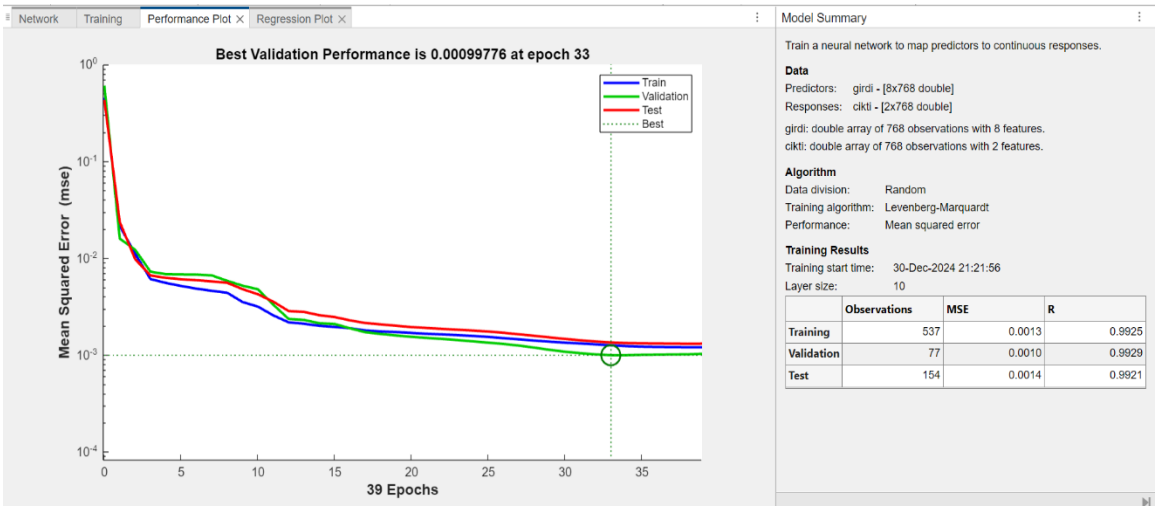
Görsel 1. YSA'nın Eğitim Sürecine İlişkin Sonuçlar

Görsel 1 incelendiğinde yapılan eğitimin doğrulama kriterine ulaştığı için başarıyla tamamlanmış olduğu açıkça görülmektedir. Ayrıca, elde edilen sonuçlar, modelin hem eğitim hem de test sırasında iyi bir genelleme performansı sergilediğini göstermektedir.



Görsel 2. Eğitim, Doğrulama, Test ve Genel Performans

Görsel 2 incelendiğinde modelin eğitim, doğrulama, test ve genel (tüm veri) performansını görmek mümkündür. Her bir grafikte, tahmin edilen değerler (Output) ile gerçek hedef değerler (Target) arasındaki ilişki doğrusal olarak çizilmiştir. Eğitim aşamasında elde edilen R değeri (korelasyon katsayısı) modelin, eğitim verisi üzerinde oldukça yüksek bir doğruluk sağladığını göstermektedir. Doğrulama aşaması için R değeri modelin, doğrulama veri setinde de benzer bir performans sağladığını belirtir. Test aşamasında elde edilen R değeri ile test verisi üzerinde modelin yine yüksek performans gösterdiği görülmektedir. Tüm veri için R değeri ise eğitim, doğrulama ve test verilerinin birleştirilmiş performansını göstermektedir.



Görsel 3. Performans Grafiği

Görsel 3 incelendiğinde en iyi doğrulama performansının 33. adımda elde edildiği görülmektedir. Doğrulama ve test eğrilerinin eğitim eğrisine yakın olması, modelin genelleme yeteneğinin iyi olduğunu göstermektedir. Veri ayrımı ve algoritma ile ilgili bilgileri de görselden elde etmek mümkündür. Uygulama verisi, rastgele şekilde eğitim (%70), doğrulama (%10), ve test (%20) olarak ayrılmıştır. Eğitim algoritması olarak Levenberg-Marquardt algoritması kullanılmıştır. Performans kriteri ise MSE'dir.

4. SONUÇ

Bu çalışmada, YSA kullanılarak, binalarda uygulanan ısı yalıtımının enerji verimliliği üzerindeki etkileri araştırılmıştır. Bu kapsamda yapılan modelleme ve analizler göstermiştir ki ısı yalıtım uygulamaları binalardaki enerji tüketimini %20 ila %50 oranında azaltmaktadır. Bu sayede, fosil yakıt tüketiminin azaltılmasına katkı sağlanması ve çevre dostu bir enerji tüketimi modeli oluşturulması hedeflenmektedir.

YSA'nın enerji verimliliği ve ısı yalıtımı üzerine yapılan optimizasyon çalışmalarında kullanılabilmesi, onu bu alanda güçlü bir araç olarak öne çıkarmıştır. Oluşturulan YSA modelinin eğitim, doğrulama ve test aşamalarında elde edilen düşük hata oranları ve yüksek doğruluk değerleri, modelin genelleme yeteneğinin güçlü olduğunu ve bununla birlikte yüksek güvenilirlik sağladığını göstermektedir. Elde edilen sonuçlar, YSA'nın bina enerji performansı analizlerinde etkili bir yöntem olduğunu kanıtlamaktadır.

KAYNAKÇA

Çomaklı, K., & Yüksel, B. (2004). Environmental impact of thermal insulation thickness in buildings. *Applied Thermal Engineering, 24*(5), 933-940. https://doi.org/10.1016/j.applthermaleng.2003.10.020

Ertosun Yıldız, M., Beyhan, F., & Uçar, M. K. (2021). Enerji Verimli Bina Tasarımı için Yapay Sinir Ağları ile Isıtma Soğutma Yükünün Belirlenmesi. *Academic Perspective Procedia, 4*, 91-100. https://doi.org/10.33793/acperpro.04.01.17

Garcia Rosa, J. L. (2013). Biologically Plausible Artificial Neural Networks. *Institute for new technologies.*

Kisilewicz, T., Fedorczak-Cisak, M., & Barkanyi, T. (2019). Active thermal insulation as an element limiting heat loss through external walls. *Energy and Buildings, 205*, 109541. https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2019.109541

Krenker, A., Bester, J., & Kos, A. (2011). Introduction to the Artificial Neural Networks. *Institute for new technologies.*

Qamar, R., & Ali Zardari, B. (2023). Artificial Neural Networks: An Overview. *Mesopotamian Journal of Computer Science, 2023*, 124–133. https://doi.org/10.58496/MJCSC/2023/015

Tekkanat, E., & Topaloglu, M. (2017). Detection of heat abduction on the walls by artificial neural network and selection of materials with decision support system. *Sakarya University Journal of Science, 2*. https://doi.org/10.16984/saufenbilder.309565

Tosun, M., & Dincer, K. (2011). Modelling of a thermal insulation system based on the coldest temperature conditions by using artificial neural networks to determine performance of building for wall types in Turkey. *International Journal of Refrigeration, 34*(1), 362-373. https://doi.org/10.1016/j.ijrefrig.2010.08.001

Tsanas, A., & Xifara, A. (2012). Accurate quantitative estimation of energy performance of residential buildings using statistical machine learning tools. *Energy and Buildings, 49*, 560-567. https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2012.03.003

Tsanas, A., & Xifara, A. (2012). UCI Machine Learning Repository: Energy Efficiency Data Set. https://doi.org/10.24432/C51307

Willis, M. J., Di Massimo, C., Montague, G. A., Tham, M. T. & Morris, A. J. (1991). Artificial neural networks in process engineering. *IEE Proceedings D Control Theory and Applications, 138*(3), 256. https://doi.org/10.1049/ip-d.1991.0036

Yang, L., He, B.-J., & Ye, M. (2014). Application research of ECOTECT in residential estate planning. *Energy and Buildings, 72*, 195-202. https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2013.12.040

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

AR-GE PROJELERİNİN DEĞERLENDİRME KRİTERLERİNİN BULANIK AHP YÖNTEMİYLE TESPİT EDİLMESİ: İKLİMLENDİRME FİRMASI ÖRNEĞİ

Doç. Dr. Ayten YILMAZ YALÇINER
Sakarya Üniversitesi
ayteny@sakarya.edu.tr - 0000-0001-8160-812X

End. Müh. Öykü SEVİM
Daikin
oyku.sevim1@sakarya.edu.tr – 0009-0003-8061-3287

ÖZET

İşletmeler için Ar-Ge çalışmaları gerçekleştirmek yıkıcı rekabet koşullarında oldukça kritik bir faaliyettir Ar-Ge merkezi olan yada olması için altyapı çalışmaları gerçekleştiren işletmeler yenilikçi katma değerler yaratabilmek için ar-ge projelerine çok önem vermek durumundadırlar.
Bu çalışma ısıtma ve soğutma sistemleri üzerine çalışan bir firmanın AR-GE departmanında gerçekleştirilmiştir. İşletmede AR-GE merkezi bulunmakta olup, birimde düzenli ve sürekli olarak AR-GE projeleri gerçekleştirilmektedir. Mevcut durumda firmanın günümüz teknolojisine uygun yeni bir proje seçimi için teknolojik, inovatif ve sürdürülebilir proje kriterlerinin belirlenmesini ve bu kriterlerin uygun kategorize edilip standartlaştırılması sağlayacak bir sistem yoktur ve standartlaştırılmış öncelik kriterleri bulunmamaktadır. Bu durum da her bir proje seçiminde zaman kaybına ve iş yüküne neden olmaktadır. Çalışmada firmanın ARGE departmanında gerçekleştirilen projelerin seçim kriterlerinin belirlenmesi için uzman görüşü alınmış, bu görüşler literatürden elde edilen kriterlerle entegre edilmiş ve proje seçim kriterleri elde edilmiştir. Bu kriterler Bulanık AHP(BAHP) yöntemiyle ağırlıklandırılmıştır.
Çalışma ile, iklimlendirme sektöründe öncü olmuş bir işletmede kritik olan AR-GE projelerinin hayata geçme sürecinde standart oluşturmak için bir metodoloji geliştirilmesi amaçlanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Ar-Ge, Proje Değerlendirme, Bulanık AHP

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

1. GİRİŞ

Projeler insan, kurum veya kuruluşların ihtiyaçları, bilim ve teknikteki gelişmeler, mevcut dönemin ihtiyaçları, yasal mevzuatlar sonucunda ortaya çıkmaktadır. İşletmeler kaynaklarını; maksimum verim, en düşük maliyet ve kaliteden ödün vermeyerek kullanmak istemektedirler. Bu durum işletmeler arasında "rekabet" kavramının oluşmasına neden olmaktadır.

Günümüzün yoğun rekabet ortamında işletmelerin gelişimlerini sürdürmesi ve varlıklarını devam ettirebilmesi için rekabet stratejilerini etkili bir şekilde uygulamalarının yanı sıra sürekli yenilik yapmaları ve kendilerini geliştirmeleri gerekmektedir. İşletmeler, karlarını ve pazar paylarını artırmak ve hızlı değişimlere uyum sağlamak için mevcut üretim süreçlerindeki sorunları çözmenin ötesinde, yeni üretim yöntemleri ve ürünler geliştirmek, aynı zamanda mevcut ürünleri ve üretim süreçlerini iyileştirmek amacıyla Ar-Ge faaliyetlerine yönelmek zorundadır. (Kazan, 2020)

Ar-Ge, işletmelerde yeni ürünlerin ve üretim süreçlerinin ortaya çıkmasını sağlayan sistematik ve yenilikçi çalışmalardır. İşletmelerdeki Ar-Ge birimleri, teknoloji düzeyinin ilerlemesine katkı sağlayacak yeni bilgiler edinmek ya da mevcut bilgilere yenilerini eklemek için; ürün ve araçlar geliştirmek, yazılım üretimi de dahil olmak üzere yeni sistemler, süreçler ve hizmetler tasarlamak veya mevcut olanları iyileştirmek amacıyla faaliyet gösteren bölümlerdir.

Ar-Ge, OECD tarafından, "bilgi kapasitesini genişletmek için yaratıcı çalışma ve bu bilginin yeni uygulamalar yaratmak için kullanılması" olarak tanımlanmıştır. Ürün kalitesinin arttırılması, yeni teknolojilerin ürünlerde ve hizmetlerde kullanılması, standardı yükseltip maliyeti düşürerek yeni teknikler geliştirilmesidir. (OECD, 2008)

Frascati Kılavuzu'na göre Ar-Ge, "bilgi birikimini artırmak ve bu bilgiyi yeni uygulamalar geliştirmek için sistematik olarak yürütülen yaratıcı çalışmalardır" şeklinde tanımlanabilir.

1.1.AR-GE Projelerinin İşletmeler için Önemi

Her sektörde teknolojinin gelişmesiyle birlikte işletmeler arasındaki rekabet artmaktadır. Dünyadaki teknik bilgi düzeyi sürekli olarak gelişmektedir ve bu durum da üretime yansımaktadır. İşletmeler sürekli olarak teknolojiyi ve yenilikleri takip etmek zorundadır. (Kaya, 1997). İşletmelerde bu kapsamda yenilikçi ve katma değeri yüksek projeler gerçekleştirmek kritik bir öneme sahiptir.

İşletmelerin amaçlarına uygun teknolojinin geliştirilmesi için Ar-Ge projelerinin hayata geçirilmesi sürecinde, önem seviyelerine göre öncelik kriterlerinin doğru belirlenmesi ve bu kriterlerin uygun değerlendirilmesi gerekir. (Sarı, 2017) Ar-Ge projelerinin teknolojik, inovatif ve yenilik yönünden kriterlendirilmesi, projenin Ar-Ge niteliği taşıyıp taşımaması ve bu niteliğin derecelendirilmesi açısından önemlidir.

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

Projelerin doğru seçilmesi kadar projenin uygulanacağı kişi portföyü, dönemin özelliklerinin bilinmesi gerekmektedir. Doğru seçilen Ar-Ge projeleri işletmelerin gelişmesine katkı sağlamaktadır. (Kaya, 1997)

1.2.Çok Kriterli Karar Verme

Çok kriterli karar verme herhangi bir teknik veya algoritma tarafından yürütülmeyen insana özgü bir karar verme yöntemidir. (Cengiz, 2012) Aynı anda hem ölçülebilen hem ölçülemeyen kriterleri aynı anda değerlendirme fırsatı sunmaktadır. (Lezki, 2014)

Farklı değerlendirme noktalarına sahip birçok çok kriterli karar verme yöntemi vardır. Literatür incelendiğinde seçim problemlerinde en çok kullanılan ÇKKV yöntemi AHP'dir. Çalışmanın konusu olan proje seçiminde kriterlerin önceliklendirilmesi, probleminde kriterlerin birbirine olan benzerliği ve sezgisel olarak seçiminin zor olması nedeniyle kriterlerin ağırlıklandırılmasının daha anlamlı olması için Bulanık AHP yöntemi kullanılmıştır. Literatür araştırması sonucunda proje seçimlerinde en çok kullanılan ÇKKV yöntemleri Tablo 1'de verilmiştir. (Cengiz, 2012)

Yazarlar	Proje Konusu	Yöntem
Poh, Ang & Bai (2001)	AR-GE	AHP ve Karşılaştırmalı Analiz
Chou & Tzeng (2006)	Bilişim	Bulanık AHP
Carlsson, Fuller, Heakila & Majendar (2006)	AR-GE proje portföyü	Bulanık Karma Tam Sayılı Programlama
Wang & Hwang (2007)	AR-GE proje portföyü	Bulanık Bütünleşik Tam Sayılı Programlama
Tolga (2008)	AR-GE	Bulanık Topsis
Tolga ve Kahraman (2009)	AR-GE	Bulanık AHP
Yakıcı ve Perçin (2012)	AR-GE	Bulanık Topsis

Çizelge 1: Literatürde Proje Seçiminde Kullanılan ÇKKV Yöntemleri (Cengiz,2012)

1.3.Bulanık AHP Metodu

Bulanık Mantık Zadeh tarafından 1965 yılında yayınladığı Bulanık Kümeler makalesi ile ortaya çıkmıştır. Bu makalede gerçek hayattaki nesnelerin ilişkilerinin tam olarak tanımlanmadığından ve ilişkilerin ikili mantık sistemiyle açıklanmasının yetersiz kaldığından bahsedilmektedir.

Farklı cinslerdeki ifadelerin belirsizliklerini matematiksel olarak tanımlanmasını sağlamaktadır.

Bulanık mantık, bulanık sayıların oluşturduğu bir kümeyle matematikselleştirilir. Bulanık küme, klasik kümenin ifade ettiği 1 veya 0 değerlerini de kapsamaktadır ancak bulanık küme daha da genişletilmiş halidir. Bulanık kümelerin amacı net olmayan verilerin mantığa dayalı önermelerle ifade edilmesidir.

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

Proje kriterlerinin belirlenmesi ve bu kriterlerin önceliklendirilmesi probleminde klasik yargılarla ifade edilmesi günümüz teknolojisi ve yaşamı için uygun değildir. AHP yöntemi her ne kadar tutarlı yapılmış olsa dahi kesin yargıları dikkate almakta ve kesin olmayanları dikkate almamaktadır. Oysaki proje kriterlerinin belirlenmesi ve bu kriterlerin doğru bir şekilde önceliklendirilmesi için daha geniş bir kümeye ihtiyaç duyulmaktadır. O yüzden bu çalışmada Bulanık AHP metoduyla kriterler önceliklendirilmiştir.

Bulanık AHP ilk olarak 1983 yılında yapılmıştır. Bu çalışmada Bulanık Ahp metodunun uygulanması için üçgensel sayılar kullanılmıştır. Böylece daha esnek ve geniş kapsamlı kararlar alınabilmektedir. (Uçak, 2021)

1.3.1. Bulanık AHP Uygulama Adımları

1.Aşama: Problemin Tanımlanması

Karar mekanizmasını yürütecek uzman ekibi oluşturulur ve bu ekip problemi tartışarak detaylı bir şekilde açıklar.

2.Aşama: Kriterlerin Tanımlanması

Ana kriterler ve alt kriterler belirlenir. Böylece hiyerarşik bir yapı oluşturulmuş olur.

3.Aşama: Kriterlerin Ağırlıklandırılması

Kriterlerin ağırlıklandırılması için ikili karşılaştırma matrisleri düzenlenir.

4.Aşama: Bulanıklaştırma

Oluşturulan matrisler bulanık sayılara dönüştürülür. Bu dönüşüm gerçekleştirilirken Çizelge 2' den yararlanılır.

	AHP	Bulanık AHP	
	ÖLÇEK	ÖLÇEK	KARŞILIK
Eşit Derecede Önemli	1	(1,1,1)	(1,1,1)
Biraz Önemli	3	(2,3,4)	(1/4,1/3,1/2)
Önemli	5	(4,5,6)	(1/6,1/5,1/4)
Çok Önemli	7	(6,7,8)	(1/8,1/7,1/6)
Kesinlikle Önemli	9	(9,9,9)	(1/9,1/9,1/9)
Ara Değerler	2	(1,2,3)	(1/3,1/2,1)
	4	(3,4,5)	(1/5,1/4,1/3)
	6	(5,6,7)	(1/7,1/6,1/5)
	8	(7,8,9)	(1/9,1/8,1/7)

Çizelge 2: AHP ve Bulanık AHP Değerleri (Akyurt, 2021)

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

5. Aşama: Bulanıklık Değeri

Karşılaştırma matrislerinin bulanıklaştırılması sonucunda i. nesne için bulanıklık değeri hesaplanır.

5.1. Ölçüt i'ye göre "bulanık sentetik mertebe" değeri:

$$S_i = \sum_{j=1}^{m} M_{g_i}^{j} * [\sum_{i=1}^{n} \sum_{j=1}^{m} M_{g_i}^{j}]^{-1}$$

Denklem 1: Bulanık sentetik mertebe değeri şeklinde hesaplanır

S_i = i. amacın sentez değeri

M^j gi =her bir amaca yönelik genişletilmiş değerdir.

$$[\sum_{i=1}^{n} \sum_{j=1}^{m} M_{g_i}^{j}]^{-1} = \frac{1}{\sum_{i=1}^{n} u_i}, \frac{1}{\sum_{i=1}^{n} m_i}, \frac{1}{\sum_{i=1}^{n} l_i}$$

Denklem 2: Bulanıklık değeri

5.2. M2= (l2 , m2 , u2) ≥ M1= (l1,m1,u1) ifadesinin olabilirlik derecesi:

$$V(M_2 \geq M_1) = \begin{cases} 1 & m_2 \geq m_1 \\ 0 & l_1 \geq u_2 \\ \frac{l_1 - u_2}{(m_2 - u_2) - (m_1 - l_1)} & \text{diğer,} \end{cases}$$

Denklem 3: Olabilirlik derecesi

5.3. İlk satır diğerleriyle karşılaştırılır. Bu karşılaştırmalar sonucunda ortaya çıkan değerin en küçüğü alınır. Diğer satırlara da aynı işlemler uygulanır.

5.4. Ağırlık vektörü için normalizasyon işlemi yapılır. (Altınkaya, 2021)

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

2.UYGULAMA

2.1. Problemin Tanımı

Isıtma-soğutma sistemleri üzerine çalışan bir firmanın AR-GE projelerinin karakteristik özellikleri sadece uzman görüşüne dayanılarak yapılmaktadır ve projelerin hayata geçirilme sürecinde bir önceliklendirme ya da kriter esaslı bir değerlendirme sistemi bulunmamaktadır. Bu durum her proje başlangıcında geçmiş verilerin incelenmesine neden olup zaman kaybına ve iş yüküne neden olmaktadır. Aynı zamanda projelerin karakteristik özelliklerinin atamasının bir standardı olmadığı için uzman kişinin inisiyatifine kalmaktadır.

Buradaki problem firmanın teknolojik, inovatif ve sürdürülebilir proje kriterlerinin belirlenmesini ve bu kriterlerin uygun kategorize edilip standartlaştırılması sağlayacak bir sistemin olmamasıdır.

2.2. ARGE Projelerinin Kriterlerinin Belirlenmesi

Proje kriterleri belirlenirken AR-GE departmanındaki mühendis ve yöneticilerin görüşü ve literatürdeki benzer çalışmalar dikkate alınarak Çizelge 3'teki proje kriterleri belirlenmiştir.

ANA KRİTERLER	ALT KRİTERLER-1	ALT KRİTERLER-2	KAYNAKÇA	TANIM
Projenin ARGE Düzeyi, Teknolojik Düzeyi, Yenilikçi Yönü	Yenilikçilik	Yenilik Yönü	(Lee, Cho, Choi, & Yoon, 2017)	K1
		Yaratıcı Yönü		K2
		Fayda Yönü		K3
	Sürdürülebilirlik	Benzersiz Olması	(Kas Bayrakdaroğlu & Kundakçı, 2019)	K4
		Yaşam Döngüsü Olması		K5
	Ar-Ge Yetenekleri	Zorluk Yönü	(Lee, Cho, Choi, & Yoon, 2017)	K6
		Risk Yönü		K7
		Uygulama Alanı		K8
Projenin İnovatif Yönü	Ar-Ge Niteliği	Yeni Yöntem İçermesi	(Huang, Chu, & Chiang, 2008)	K9
		Dışa Bağımlı Olması		K10

Çizelge 3: Değerlendirilecek Kriterler

Kriterlerin detaylı açıklamaları ve kapsamı belirlenmiştir.

Projenin ARGE Düzeyi, Teknolojik Düzeyi, Yenilikçi Yönü: Bir projenin yenilikçi olmasını sağlayan teknoloji düzeyi ve bu projenin AR-GE niteliğine uygun olarak sürdürülebilir olmasını inceleyen kriterdir.

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

Yenilikçilik: Projelerin yenilik, yaratıcılık ve fayda kriterlerini kapsar. Bir proje yeni olmasının yanı sıra yaratıcı ve firmaya, çevreye faydalı bir projeyse yenilikçilik içeren bir projedir.

- Yenilik Yönü: Projede kullanılacak teknolojinin yeniliğini ve bu teknolojinin daha önce var olup olmadığını gösteren kriterdir.
- Yaratıcı Yönü: Projede kullanılacak teknolojinin mevcut rekabet teknolojisine üstünlüğü, yaratıcı olma durumunu belirten kriterdir.
- Fayda Yönü: Projede kullanılacak teknolojinin sağladığı fayda, tanımlanabilir faydalar ve endüstride kullanım kabiliyetini belirtir. İnsanlığa, çevreye ve gerçekleştirilen işletmeye sağladığı katkıları belirten kriterdir.

Sürdürülebilirlik: Projenin belirli bir zaman sınırıyla karşılaşmaksızın başlangıç ve bitiş tarihleri dışında da işletmeye katkısının olmasıdır.

- Benzersiz Olması: Projelerin amacı benzersiz olmaktır. İşletmeler sürdürülebilirliklerini sağlamak için teknolojiye ayak uydurup farklı ve güncel konulu projelere yönelmelidir. Projede kullanılacak teknoloji için fikri mülkiyet haklarını elde etme olanaklarını belirten kriterdir.
- Yaşam Döngüsü Olması: Teknolojinin hayat döngüsü (TLC) olarak tanımlanabilir. Bu kavram ürün hayat döngüsünden model alınarak oluşturulan bir kavramdır. Teknoloji hayat döngüsü bir teknolojinin var olmasından itibaren bitişine kadarki tüm evreleri kapsayan bir yaşam döngüsüdür.

Ar-Ge Yetenekleri: Bir projenin başka projelerin süreçlerine etkisi, projelerle ilişkisi ve proje meydana gelirken oluşan zorluk ve risk faktörleridir.

- Zorluk Yönü: Projede uygulanacak teknolojinin getirdiği ve geliştirilmesi durumunda getireceği zor durumları belirten kriterdir.
- Risk Yönü: Projenin uygulanması durumunda beraberinde getireceği risk durumlarıdır. Bu riskler projenin teknik, gelişiminden doğan ve ticari riskler olabilir. Bu faktörleri belirten kriter grubudur.
- Uygulama Alanı: Önerilen teknolojinin uygulanabileceği ürün veya hizmet yelpazesi, büyüme potansiyeli, diğer ürün / süreçlerle sinerjisini belirten kriterdir.

Projenin İnovatif Yönü: Projenin meydana gelirken yeni yöntemleri ve fikirleri içinde bulundurması, bu fikirlerin gerçekleştirilmesi için gereken dışa bağımlılık düzeyini belirleyen kriter seviyesidir.

Ar-Ge Niteliği: Proje uygulanırken yeni yöntemlerin kullanılması ve bu yöntemler kullanılırken firmanın dışa bağımlılığını ölçen kriterdir.

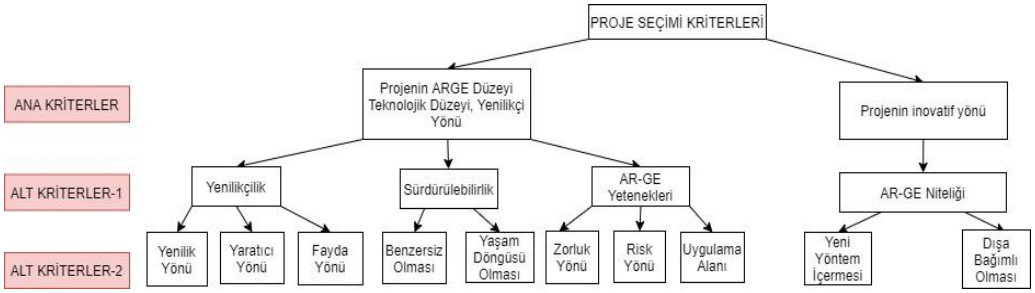
- Yeni Yöntem İçermesi: Projede daha önce kullanılmayan yöntemlerin mevcut olmasıdır.
- Dışa Bağımlı Olması: Projenin uygulanması durumunda firma dışından bir desteğin alınması kriteridir.

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

2.3. Kriterlerin Ağırlıklandırılması

Literatür taramasının sonucunda projelerin kriterlerinin ağırlıklandırılması için çok kriterli karar verme yöntemi olan Bulanık AHP metodu kullanılmıştır. Bu metodun kullanılmasının nedeni kriterlerin ağırlıklandırılması probleminde, problemin klasik yargılarla ifade edilmesi günümüz teknolojisi ve yaşamı için uygun olmamasıdır. AHP yöntemi her ne kadar tutarlı yapılmış olsa dahi kesin yargıları dikkate almakta ve kesin olmayanları dikkate almamaktadır. Oysaki proje kriterlerinin belirlenmesi ve bu kriterlerin doğru bir şekilde önceliklendirilmesi için daha geniş bir kümeye ihtiyaç duyulmaktadır. O yüzden bu çalışmada Bulanık AHP metoduyla kriterler önceliklendirilmiştir.

Kriterlerin hiyerarşik yapısına göre sırasıyla Bulanık AHP işlemi uygulanacaktır.



Şekil 5: Proje seçim kriterleri hiyerarşik yapısı

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

2.3.1. Bulanık AHP Uygulanması

Kriterlerin ağırlıklandırılması için firmanın AR-GE departmanındaki birbirinden farklı görevlere ve deneyimlere sahip 4 mühendise anket çalışması yapılmıştır.

Çözüm aşamalarının gözlenebilmesi için örnek olarak yenilikçilik kriterinin alt kriterleri olan yenilik yönü, yaratıcılık yönü ve fayda yönü kriterlerinin değerlendirilmesi üzerinden işlemler yapılmıştır. Diğer kriterler için de aynı işlemler, tüm personeller için tekrarlanmıştır.

1.personel

AR-GE çalışma deneyimi: 3 yıl

- Anket çalışmasında verilen cevaplar ikili karşılaştırma matrislerine dönüştürülmüştür.

	Yenilik Yönü	Yaratıcı Yönü	Fayda Yönü
Yenilik Yönü		1	5
Yaratıcı Yönü	1		5
Fayda Yönü	0,2	0,2	

Çizelge 4: Yenilikçilik kriteri ikili karşılaştırma matrisi

- İkili karşılaştırma matrisleri ölçeğe göre bulanıklaştırılır.

	Yenilik Yönü			Yaratıcı Yönü			Fayda Yönü		
Yenilik Yönü	1	1	1	1	1	1	4	5	6
Yaratıcı Yönü	1	1	1	1	1	1	4	5	6
Fayda Yönü	1/6	1/5	1/4	1/6	1/5	1/4	1	1	1

Çizelge 5: Yenilikçilik kriteri bulanık ikili karşılaştırma matrisi

- Kriterlerin Sentetik Mertebe Değerleri ve Olabilirlik Dereceleri

	(l, m, u)
S1	(0,39, 0,45, 0,52)
S2	(0,39, 0,45, 0,52)
S3	(0,08, 0,09, 0,11)

Çizelge 6: Sentetik ikili karşılaştırma matrisi

Kriterlerin olabilirlik dereceleri de karşılaştırılarak normalizasyon işlemi uygulanır.

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

➢ Sonuç

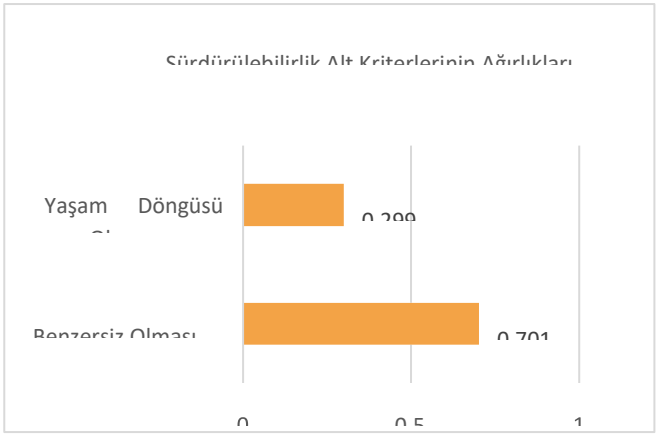
1. personele göre yenilikçilik kriterinin alt kriterleri yenilik yönü, yaratıcı yönü ve fayda yönü için ağırlıklar aşağıdaki gibidir.

	Ağırlıklar
Yenilik Yönü	0,5
Yaratıcı Yönü	0,5
Fayda Yönü	0

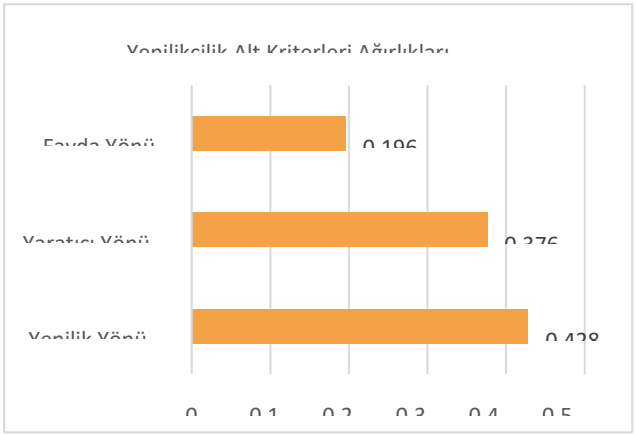
Çizelge 7: Yenilikçi kriterinin alt kriterlerinin ağırlık

3. SONUÇLAR VE GENEL DEĞERLENDİRME

Çalışanların tamamına tüm kriterler için anket çalışması uygulanmıştır. Sonuçları BAHP ile hesaplanmıştır. Sonrasında ise kişilerin çalışma yıllarına göre ağırlıklandırılmıştır. Sonuçlar şu şekildedir:

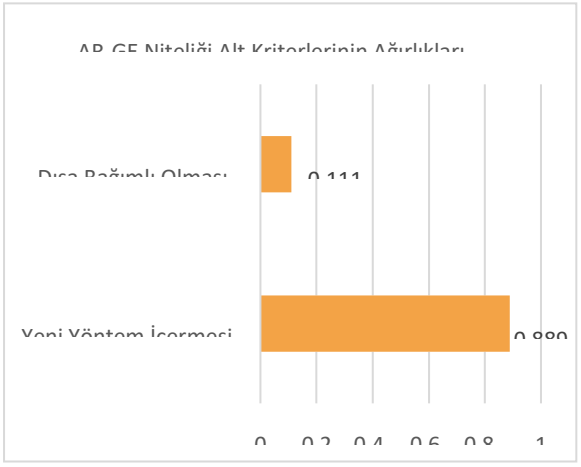


Şekil 6: Sürdürülebilirlik alt kriterlerinin ağırlıkları

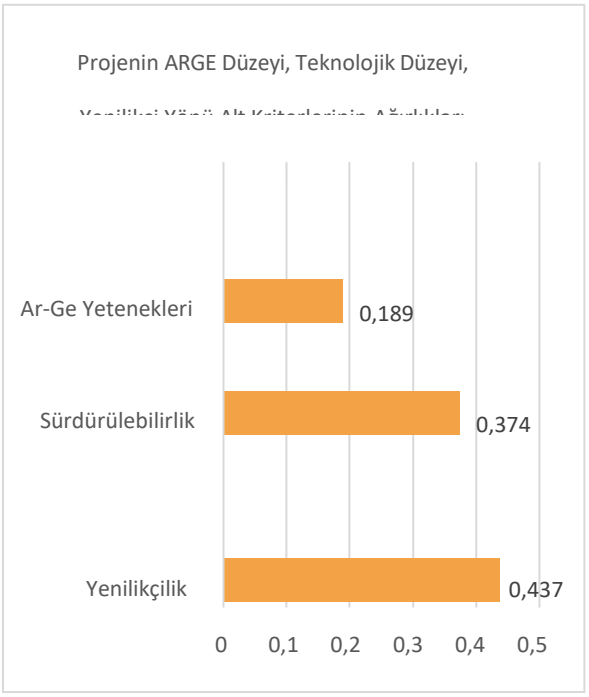


Şekil 7: Yenilikçilik alt kriterleri ağırlıklar

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

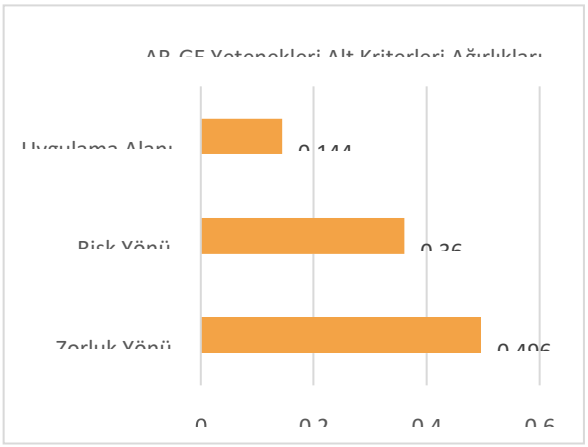


Şekil 8: AR-GE Niteliği alt kriterlerinin ağırlıkları



Şekil 9: Projenin ARGE Düzeyi, Teknolojik Düzeyi, Yenilikçi Yönü alt kriterlerinin ağırlıkları

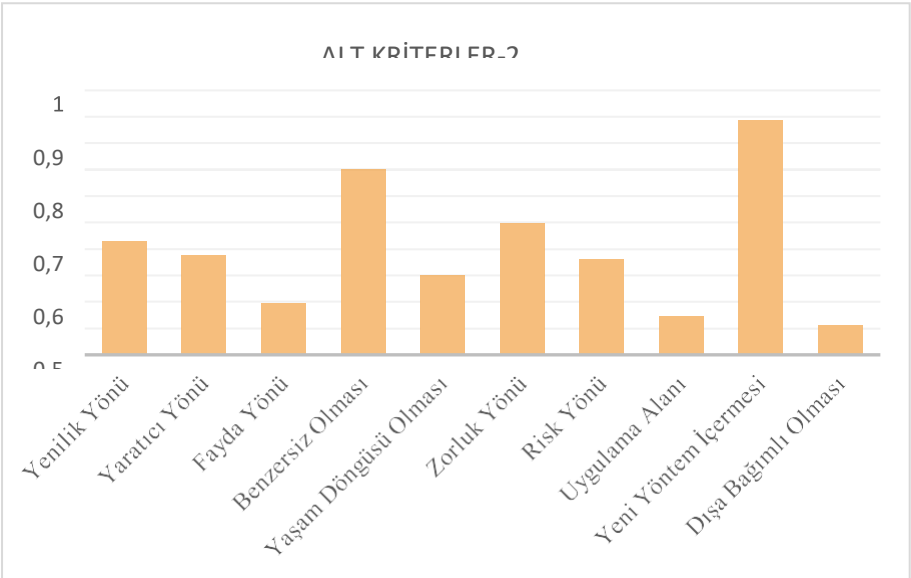
ISBN NR. : 978-625-5962-10-2



Şekil 10: AR-GE Yetenekleri alt kriterleri ağırlıkları

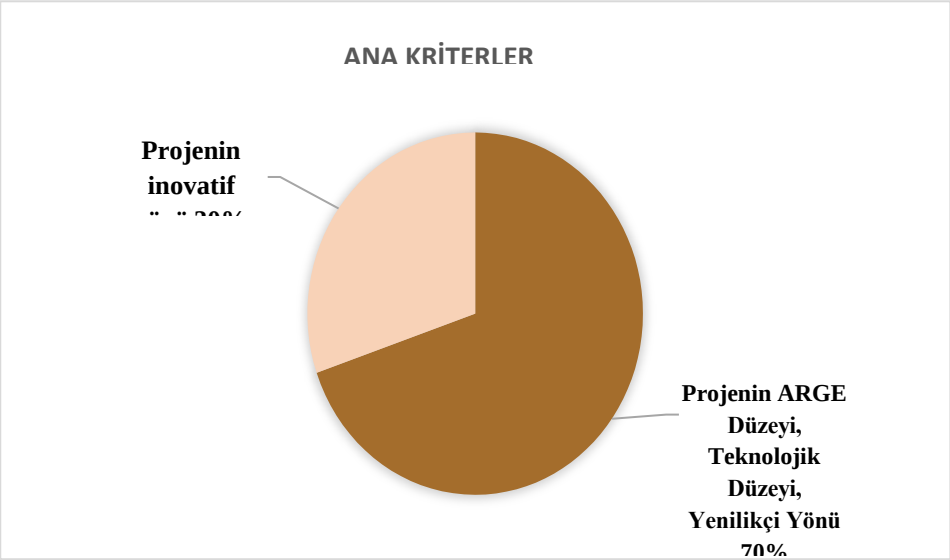
ANA KRİTERLER	AĞIRLIK	ALT KRİTER-1	AĞIRLIK	ALT KRİTER-2	AĞIRLIK
Projenin ARGE Düzeyi, Teknolojik Düzeyi, Yenilikçi Yönü	0,697	Yenilikçilik	0,437	Yenilik Yönü	0,428
				Yaratıcı Yönü	0,376
				Fayda Yönü	0,196
		Sürdürülebilirlik	0,374	Benzersiz Olması	0,701
				Yaşam Döngüsü Olması	0,299
		Ar-Ge Yetenekleri	0,189	Zorluk Yönü	0,496
				Risk Yönü	0,36
				Uygulama Alanı	0,144
Projenin inovatif yönü	0,303	Ar-Ge Niteliği	1	Yeni Yöntem İçermesi	0,889
				Dışa Bağımlı Olması	0,111

Çizelge 8: Kriter ağırlıkları



Şekil 11: Alt kriterler-2 ağırlıkları

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



Şekil 12: Ana kriterlerin ağırlıkları

BAHP sonucuna göre projelerin kriterleri ağırlıklandırılmıştır. Projenin hayata geçirilmesi sürecinde önem seviyesi en büyük ana kriter 'Projenin ARGE Düzeyi, Teknolojik Düzeyi ve Yenilik Yönü' kriteridir. Bu ana kriterin altında olan önem seviyesi en yüksek alt kriter ise 'Yenilikçilik' kriteridir. Yenilikçilik alt kriterinin altındaki ikincil alt kriter olan 'Yenilik' yönü kriteri ise önem düzeyi en yüksek ikincil alt kriterdir.

Proje seçiminde, Ar-Ge düzeyini ölçmek amacıyla oluşturulan kriter ağırlıklandırması dikkate alındığında, projelerde öncelikli olarak yenilikçilik yönünün (özellikle yenilik ve yaratıcılık) ön planda olması gerektiği görülmektedir. Ayrıca, sürdürülebilirlik kapsamında benzersizlik ve yaşam döngüsü değerlendirmeleri, Ar-Ge yetenekleri açısından ise risk ve zorlukların analizi önem arz etmektedir. Son olarak, inovatif yönün gücünü artıran yeni yöntemlerin geliştirilmesi ve dışa bağımlılığın azaltılması da projelerin başarı şansını yükseltecek kritik unsurlardır.

Sonuç olarak 'Projenin ARGE Düzeyi, Teknoloji Düzeyi ve Yenilikçi Yönü' en önemli ana kriteridir. Buna göre yeni bir proje seçiminde bu kritere bütçe, zaman ve çalışan harcanmalıdır.

KAYNAKÇA

Tez Örneği

1. Altınkaya, Z. (2021). AHP, Bulanık AHP ve TOPSİS Yöntemleri Kullanılarak İyileştirme Önerileri için Karar Destek Sistemi Oluşturulması. Yüksek Lisans Tezi.
2. Cengiz, D. (2012). Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri Üzerine Karşılaştırmalı Analiz. Yüksek Lisans Tezi, s. 8-10.
3. Derici, S. (2019). Hastanelerin Hizmet Kalitesinin Hastaların Bakış Açısı ile Değerlendirilmesi: Bir Bulanık AHP Uygulaması. Yüksek Lisans Tezi, s. 44-47.
4. Tolga, A. (2009). Araştırma Geliştirme Projelerinin Değerlendirilmesine Bulanık Gerçek Opsiyon Yaklaşımı. Doktora Tezi.

Makale Örneği

5. Binici, E., & Aksakal, E. (2020). Ar-Ge proje seçim problemine yeni bir yaklaşım ve çözüm önerisi: UTA yöntemi. Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, 217-219.
6. Kas Bayrakdaroğlu, F., & Kundakçı, N. (2019). Bulanık EDAS Yöntemi ile Ar-Ge Projesi Seçimi. Uluslararası İktisadi ve İdari İncelemeler Dergisi.
7. Huang, C.-C., Chu, P.-Y., & Chiang, Y.-H. (2008). A fuzzy AHP application in government-sponsored R&D project selection. Science Direct.
8. Lee, S., Cho, C., Choi, J., & Yoon, B. (2017). R&D Project Selection Incorporating Customer-Perceived Value and Technology Potential: The Case of the Automobile Industry. Sustainability.

Yalnızca İnternet Ortamında Yer Alan Kaynaklar

9. Kazan, P. D. (2020). Proje Yönetimi. https://docplayer.biz.tr/186001712-Proje-yonetimi-prof-dr-halim-kazan-istanbul-universitesi-acik-ve-uzaktan-egitim-fakultesi.html (Erişim tarihi: 30.12.2024).
10. OECD.(2008).Wikipedia. https://tr.wikipedia.org/wiki/Ara%C5%9Ft%C4%B1rma_ve_geli%C5%9Ftirme (Erişim tarihi: 30.12.2024).

E-dergilerdeki Makaleler

11. Ömürbek, N., Makas, Y., & Ömürbek, V. (2015). AHP ve TOPSIS Yöntemleri ile Kurumsal Proje Yönetim Yazılımı Seçimi. Süleyman Demirel Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, 68-72.

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

12. Sarı, E. B. (2017). Endüstri İşletmelerinde Ar-Ge Projelerini Öncelik Sıralamasında Entropi Ağırlıklı TOPSİS Yöntemine Dayalı Çok Kriterli Bir Analiz. International Journal of Academic Value Studies, 159-170.

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

KARMA KAPASİTELİ TAŞIMALI EĞİTİMDE ARAÇ ROTALAMA PROBLEMİ İÇİN BİR ÇÖZÜM ÖNERİSİ

Cemile AKDEDE YÜKSEL[1], Prof. Dr. Şafak KOCAKALAY[2]

[1] Kütahya Dumlupınar Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü
cemile.akdede.yuksel0@ogr.dpu.edu.tr , ORCID ID: 0000-0001-7719-2854

[2] Kütahya Dumlupınar Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü
safak.kocakalay@dpu.edu.tr , ORCID ID: 0000-0002-7041-4722

ÖZET

Taşımalı eğitim, eğitimde fırsat eşitliği için kırsal bölgelerde bulunan öğrencilerin eğitim alabilmeleri için okullara servisler aracılığıyla taşınması olup, eğitim sistemimizde kritik bir öneme sahiptir. Ancak bu süreç, maliyet, zaman, kapasite gibi kısıtlar altında karmaşık problemlere dönüşebilmektedir. Bu çalışmada, kırsal bölgelerde yapılan taşımalı eğitim sistemi bir Araç Rotalama Problemi (ARP) olarak ele alınmış ve kapasite kısıtları altında maliyeti en aza indirmek için bir çözüm önerisinde bulunulmuştur. Çalışmada, bir ilçe ve ona bağlı köyler arasında gerçekleştirilen öğrenci taşıma sistemi karma kapasiteli araç rotalama problemi olarak modellenmiştir. İlk aşamada problemi ve kısıtlarını yansıtan bir matematiksel bir model geliştirilmiştir. İkinci aşamada Gurobi optimizasyon programı için Pyhton programlama dili kullanılarak problem çözümlenmiştir. Son olarak elde edilen sonuçlar ile mevcut sistem karşılaştırılmış ve taşımalı eğitim sisteminde yapılan çözüm önerisinin iyileştirme sağladığı görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Araç Rotalama Problemi, Taşımalı Eğitim, Karma Kapasiteli Sistem

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

1. GİRİŞ

Taşımalı eğitim, eğitimde fırsat eşitliği için kırsal bölgelerde bulunan öğrencilerin eğitim alabilmeleri için okullara servisler aracılığıyla taşınması olup, eğitim sistemimizde kritik bir öneme sahiptir. Ancak bu süreç, maliyet, zaman, kapasite gibi kısıtlar altında karmaşık problemlere dönüşebilmektedir.

Bu çalışma kırsal bölgelerde uygulanan taşımalı eğitim sistemini bir Araç Rotalama Problemi (ARP) çerçevesinde değerlendirerek çözüm önerisinde bulunmaktadır. ARP, belirli kısıtlar altında maliyet fonksiyonunu minimize etmeye yönelik matematiksel modeldir. Literatürde ARP ile ilgili çalışmalar mevcuttur. Dantzig ve Ramser (1959), ARP'yi ilk olarak tanımlayıp lojistik ve ulaşım sistemlerinde temel bir problem olarak ele almıştır [1]. Daha sonra Clarke ve Wright (1964) tarafından oluşturulan tasarruf algoritması, Solomon (1987) tarafından ortaya konan Zaman Pencereli ARP ile gelişmeye devam etmiş ve farklı türleri ortaya çıkmıştır. Bektas ve Laporte (2007) tarafından geliştirilen bir diğer ARP türü olan Heterojen Filolu ARP, bu çalışmanın temelini oluşturmaktadır [2] [3] [4].

Bu çalışmada, öğrencilerin taşıma maliyetini azaltmak adına problemi ifade eden bir matematiksel model geliştirilmiştir. Çalışmanın çözümünde Gurobi optimizasyon programı kullanılmıştır. Çözücü için matematiksel model Python programlama dilinde kodlanmıştır. Elde edilen sonuçlar ile mevcut sistem karşılaştırılarak iyileştirme durumları değerlendirilmiş ve daha sonraki çalışmalar için önerilerde bulunulmuştur.

2. UYGULAMA

2.1. Çalışmanın Tanımı ve Kapsamı

Çalışma, bir ilçe ve ona bağlı köyler arasında gerçekleşen taşıma sistemini konu almaktadır. Bölge coğrafi olarak dağınık bir yapıya sahip olması ve nüfus yoğunluğunun düşük olması nedeniyle çalışma için uygun bir alandır. Araştırma kapsamında merkez nokta ve ona taşıma yapılacak 15 köy ile bu köylerden taşınacak öğrenciler dikkate alınmıştır.

Taşımalı eğitimde önemli bir unsur olan köylerin konum bilgileri, okulla ve birbirine olan uzaklıkları, öğrenci sayıları, araç filo durumu ve maliyetleri çalışmanın temel verilerini oluşturmaktadır. Çalışma kapsamında önerilen sistem, tüm kısıtları göz önünde bulundurarak maliyetleri minimize etmeyi ve araç kullanım etkinliğini azaltarak da karbon emisyonu azaltmayı hedeflemektedir.

2.2. Veri Toplama ve Hazırlık

Problemin çözüm aşamasına başlamadan önce veriler sahadan toplanmıştır. Aşağıda listelenen veri kümeleri veri setinin temelini oluşturmaktadır ve modelin doğruluğu için son derece önemlidir.

- Coğrafi Veriler: Köylerin koordinatları, okula ve birbirlerine olan uzaklıkları.
- Taşıma Talepleri: Her köyde bulunan, okula taşınacak öğrenci sayısı.

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

- Araç Bilgileri: Araç Türleri, Araç Kapasiteleri.
- Maliyet Bilgileri: Araç kullanım maliyeti, kilometre başına değişen maliyet.

2.3. Matematiksel Model

Taşımalı eğitim siteminde rotaların oluşturulması Araç Rotalama Problemi kapsamında ele alınmış ve karma kapasiteli bir model geliştirilmiştir. Modelde kullanılan indeksler, kümeler, karar değişkenleri, kısıtlar ve amaç fonksiyonu aşağıda açıklanmıştır.

İndeksler;

- i, j: Köyleri ifade eden indeksler, $i, j \in I \{0,1, 2, ..., n\}$
- t: Araç türlerini ifade eden indeks, $t \in T \quad \{1, 2, \ldots, T_{max}\}$
- v: Her bir araç türüne ait araçları ifade eden indeks, $v \in V_t$.

Kümeler;

- I: Köylerin kümesi, I = {0,1,2,…,15} 0: Merkez nokta
- T: Araç türleri kümesi, T = {1,2}
- Vt.: t türe ait araçların kümesi, Vt ={1,2,…,St}

Parametreler

- St : t türüne ait toplam araç sayısı.
- Qt : t tür aracın kapasitesi. Q1 = 14 Q2 = 16
- cij: i noktasından j noktasına gidilen mesafe
- di: i köyündeki öğrenci sayısı
- M: Bir aracın kullanılmasının maliyeti (M=667)
- P: Kilometre başına oluşan rota maliyeti. (P=15)
- MaxMesafe: Oluşabilecek maksimum rota kilometresi (MaxMesafe=70 km)

Karar Değişkenleri

- $x_{ijtv} = \begin{cases} 1\,, Eğer\ t\ türündeki\ \ v\ aracı\ i\ noktasından\ j\ noktasına\ gidiyorsa, \\ 0\,, dd \end{cases}$
- $z_{tv} = \begin{cases} 1\,, \text{Eğer t türündeki v aracı kullanlıyorsa,} \\ 0\,, \text{dd} \end{cases}$
- u_i, u_j: Alturlarda kullanılan pozitif sürekli değişkenler

Amaç Fonksiyonu

$$Minimize:\ Z = \sum_{t}^{T_{max}} \sum_{v}^{S_t} M \cdot z_{tv} + \sum_{t=1}^{T_{max}} \sum_{v=1}^{S_t} \sum_{i=0}^{n} \sum_{j=0}^{n} P \cdot c_{ij} \cdot x_{ijtv} \qquad (1.1)$$

Kısıtlar;

- Talep Karşılama Kısıtı

$$\sum_{i=1}^{n} \sum_{t=1}^{T_{max}} \sum_{v=1}^{S_t} x_{ijtv} = 1\,, \qquad \forall j = 1, \ldots, n\,,\ i \neq j \qquad (1.2)$$

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

- Kapasite Kısıtı

$$\sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{n}\sum_{v=1}^{S_t} d_j \cdot x_{ijtv} \leq Q_t\,, \qquad \forall t = 1,\dots,T_{max}\,,\ i \neq j \tag{1.3}$$

- Akış Kısıtı (Giriş -Çıkış Dengesi)

$$\sum_{j=0}^{n} x_{ijtv} - \sum_{j=0}^{n} x_{jitv} = 0\,, \forall i = 0{,}1\,\dots, n\ , \forall t = 1,2,\dots,T_{max}, \forall v = 1{,}2,\dots,\mathrm{St}\,, i \neq j \tag{1.4}$$

- Merkezden Çıkma ve Dönme Kısıtı

$$\sum_{j=1}^{n} x_{0jtv} = z_{tv}\,, \qquad \forall t = 1,2,\dots,\mathrm{Tmax}\,, \qquad \forall v = 1{,}2,\dots,\mathrm{St} \tag{1.5}$$

$$\sum_{i=1}^{n} x_{i0tv} = z_{tv}\,, \forall t = 1,2,\dots,\mathrm{Tmax}\,, \qquad \forall v = 1{,}2,\dots,\mathrm{St} \tag{1.6}$$

- Araç Kullanımı ve Akış Yönetimi Kısıtları

$$\sum_{i=0}^{n}\sum_{j=0}^{n} x_{ijtv} \leq z_{tv} \cdot M_{big},\ \forall t = 1,2,\dots,\mathrm{Tmax}\,, \qquad \forall v = 1{,}2,\dots,\mathrm{St}\,,\ i \neq j \tag{1.7}$$

- Maksimum Mesafe Kısıtı

$$\sum_{i=0}^{n}\sum_{j=0}^{n} x_{ijtv} \cdot c_{ij} \leq MaxMesafe \cdot z_{tv}\,, \forall t = 1,2,\dots,\mathrm{Tmax}\,, \forall v = 1{,}2,\dots,\mathrm{St}\ , i \neq j \tag{1.8}$$

- Alt Tur Engelleme Kısıt (MTZ Yöntemi)

$$u_i - u_j + n \cdot \sum_{t=1}^{T_{max}}\sum_{v=1}^{S_t} x_{ijtv} \leq n - 1, \qquad \forall i = 1,\dots,n\ , \forall j = 1,\dots,n, \qquad i \neq j \tag{1.9}$$

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

Amaç fonksiyonu olan kısıt (1.1), araçların sabit kullanım maliyetleri ve toplam rotaların maliyetleri en küçüklemesini ifade eder. Kısıt (1.2), talep karşılama kısıtını ifade etmekte olup, her bir bölgede bulunan öğrencinin tamamının yalnızca bir araç tarafından karşılanmasını zorunlu kılar. Bu kısıt, taşımanın eksiksiz yapılmasını sağlar. Kısıt (1.3), kapasite kısıtını ifade etmekte olup, her bir araçta taşınacak öğrenci sayısının, aracın kapasitesini aşmamasını sağlar. Kısıt (1.4), araç akış dengesini garanti eder. Bir araca giren toplam akış, o araçtan çıkan toplam akışa eşit olmalıdır. Kısıt (1.5) ve (1.6), araçların rotalarına mutlaka merkezden başlamasını ve tekrar merkeze dönmesini zorunlu kılar. Kısıt (1.7), araçların kullanım durumunun toplam akış değişkeniyle bağlantısını sağlar. Kısıt (1.8), araçların yapacağı toplam mesafeyi bir üst sınırla sınırlandırarak rota uzunluklarını kontrol altında tutar. Son olarak, kısıt (1.9), alt tur engelleme kısıtı olarak sistemdeki alt tur oluşumlarını önler ve taşımacılık planının doğruluğunu sağlar. Bu kısıt, Miller, Tucker ve Zemlin (1960) tarafından önerilen yöntemden uyarlanmıştır ve alt turların oluşmasını engelleyerek taşıma planının geçerliliğini korur [5]. Tüm bu kısıtlar, modelin taşımacılık operasyonlarını optimize etmek ve sistemin etkinliğini artırmak için bir bütünlük içinde çalışmasını hedeflemektedir.

2.4. Çözüm Yöntemi

Taşımalı eğitim sisteminde rota optimizasyonu maliyetleri azaltmak açısından kritik öneme sahiptir. Bu çalışmada, taşımalı eğitim sistemi için geliştirilen matematiksel model Python programlama dilinde kodlanmıştır. Çözüm aşamasında Gurobi adlı optimizasyon yazılımı kullanılmıştır [6]. Gurobi, karmaşık matematiksel modellerin hızlı ve etkin bir şekilde çözülmesini sağlayan bir doğrusal optimizasyon aracıdır. Python programlama dili ise, açık kaynaklı yapısı ve geniş kütüphane desteği sayesinde modelin dinamik bir şekilde oluşturulmasını ve çözülmesini sağlamıştır. Özellikle Gurobi kütüphanesi, büyük ölçekli ve karmaşık optimizasyon problemleri için etkin çözümler sunarak sürecin hızlanmasına katkı sağlamıştır.

3. SONUÇLAR VE DEĞERLENDİRME

Bir ilçe ve ona bağlı 15 köy arasında gerçekleşen taşıma sistemi için önerilen çözüm önerisinden elde edilen sonuçlar Görsel 1'de derlenmiştir.

```
Model optimal çözüme ulaştı. Amaç Fonksiyonu Değeri: 4485.00


Araçların Kat Ettiği Mesafeler ve Maliyetler:
  Araç türü 1, araç 1: Toplam mesafe = 68.50 km, Toplam maliyet = 1027.50 TL
  Araç türü 2, araç 1: Toplam mesafe = 27.90 km, Toplam maliyet = 418.50 TL
  Araç türü 1, araç 2: Toplam mesafe = 69.20 km, Toplam maliyet = 1038.00 TL

Kullanılan Araçlar ve Güzergah Detayları:
  Araç türü 1, araç 3: Güzergah
    Rota: 0 -> 15 -> 8 -> 13 -> 6 -> 5 -> 0
  Araç türü 2, araç 1: Güzergah
    Rota: 0 -> 12 -> 4 -> 7 -> 10 -> 11 -> 0
  Araç türü 2, araç 5: Güzergah
    Rota: 0 -> 1 -> 14 -> 2 -> 3 -> 9 -> 0

Kapasite Kontrolü:
  Araç türü 1, araç 1 kapasite kontrolünden geçti. Toplam talep: 14, Kapasite: 14
  Araç türü 2, araç 1 kapasite kontrolünden geçti. Toplam talep: 15, Kapasite: 16
  Araç türü 1, araç 2 kapasite kontrolünden geçti. Toplam talep: 13, Kapasite: 14
```

Görsel 1. Gurobi çözüm çıktısı

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

Görsel 1 ve Çizelge 1'deki sonuçlara bakıldığında, önerilen sistemle rotalama sürecinin 16 kapasiteli 1 araç ve 14 kapasiteli 2 araç olmak üzere 3 araçla 4485 ₺ /gün ile yapılabileceği görülmektedir. Önerilen sistemin elde edilen sonuçları ile mevcut sistemin sonuçları iyileşme durumunu gözlemlemek adına Çizelge 1'de karşılaştırılmıştır.

Çizelge 1. Mevcut Sistem ile Önerilen Sistemin Elde Ettiği Sonuçların Karşılaştırılması

	MEVCUT SİSTEM	ÖNERİLEN SİSTEM
Maliyet	6881 TL/gün	4485 TL/gün
Kullanılan araçlar	14 kapasiteli 5 araç	14 kapasiteli 2 araç 16 kapasiteli 1 araç
Araç kullanım etkinliği	0,60	0,95

Sonuçlar karşılaştırıldığında, önerilen sistemin taşımalı eğitim sisteminde iyileştirme sağladığı görülmektedir. Buna göre kırsal bölgelerde karşılaşılan lojistik problemlerin çözümünde matematiksel modelleme ve optimizasyonun etkin bir yöntem olduğu da anlaşılmaktadır.

4. GENEL DEĞERLENDİRME VE ÖNERİLER

Önerilen model, mevcut taşımalı eğitim sistemiyle karşılaştırıldığında;

- Maliyetleri yaklaşık %35 azaltmış,
- Araç kullanım etkinliğini %58,33 yükseltmiş,
- Daha az araç kullanımıyla filo yönetiminde verimlilik sağlamıştır.

Taşımalı eğitim, kırsal bölgelerde yaşayan öğrencilerin eğitim olanaklarına eşit erişimini sağlamak amacıyla, öğrencilerin okullara düzenli bir şekilde taşınmasını içeren bir sistemdir.

Önerilen modelin taşımalı eğitimde maliyetleri düşürme, kaynakları daha etkin kullanma ve genel verimliliği artırma açısından etkili bir araç olduğu görülmüştür. Bu yapı Türkiye'deki diğer kırsal bölgelerdeki taşımalı eğitim sistemlerine kolaylıkla uyarlanabilir ve uygulanan bölgelerde de benzer faydalar sağlanabilir.

Sonraki çalışmalarda, bölünebilir kısıtlar eklenerek öğrencilerin taleplerinin birden fazla araç arasında bölünmesiyle maliyetlerin daha da düşürülebileceği öngörülmektedir. Daha büyük ölçekli problemler için sezgisel veya meta-sezgisel algoritmalar kullanılarak hızlı sonuçlar alınabilir. Bu durum, taşımalı eğitim sistemlerinin daha etkin ve esnek bir şekilde planlanmasına olanak sağlayabilir.

.

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

KAYNAKÇA

1. Dantzig, G. B., & Ramser, J. H. (1959). The truck dispatching problem. *Management Science*, *6*(1), 80-91.
2. Clarke, G., & Wright, J. W. (1964). Scheduling of vehicles from a central depot to a number of delivery points. *Operations Research, 12*(4), 568-581.
3. Solomon, M. M. (1987). Algorithms for the vehicle routing and scheduling problems with time window constraints. *Operations Research*, *35*(2), 254-265.
4. Bektas, T., & Laporte, G. (2007). The heterogeneous fleet vehicle routing problem. *Transportation Science*, *41*(2), 125-136.
5. Miller, C. E., Tucker, A. W., & Zemlin, R. A. (1960). *Integer programming formulation of traveling salesman problems*. Journal of the ACM, 7(4), 326–329.
6. Gurobi Optimization. (2023). Gurobi Optimizer Reference Manual. Retrieved from https://www.gurobi.com.

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

ÇOCUK HASTA İLE ÇALIŞAN KLİNİSYENLERİ İLGİLENDİREN İKİ ÖNEMLİ UNSUR: 1. AİLE MERKEZLİ TRANSDİSİPLİNER YAKLAŞIM 2. GELİŞİMSEL VE PSİKO-SOSYAL DESTEK

Dr. Öğr. Üyesi Habibe DİLSİZ

Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi,

habibedilsiz@gmail.com

https://orcid.org/0000-0003-1252-6096

ÖZET

Çocuk hastaya yaklaşımda; çocuğun primer çevresinde mikrosistemi içinde yer alan ailesinin varlığı yadsınamaz. Nitekim alan uzmanları çocuğu ilgilendiren tıbbi, gelişimsel ve davranışsal tüm tanıları bilebilir ancak çocuk ile tam zamanlı birlikte olan ve onu tanıyan yegane birim ailedir. Bu nedenledir ki çocuk hastaya yaklaşımda aile oldukça güçlü olan vazgeçilmez bir bileşendir. Gelişim, intrauterin hayattan yaşam sonlanıncaya kadar devam eden kesintisiz bir süreçtir. Hastane yatışları çocuğun hayatında doğrudan bir stres yaratsa da gelişimsel süreç hastanede de devam eder ve gelişimsel gecikmesi olsun ya da olmasın her çocuk istisnasız olarak gelişimsel açıdan desteklenmeyi hak eder. Benzer şekilde hastane yatışlarında çocuğa verilecek olan psiko-sosyal destek bir taraftan hastane yatışının beraberinde getirdiği stres ve zorluklardan çocuğu korurken bir taraftan da ortaya çıkan korku-kaygı-stres gibi çocuğun baş etmekte zorlanabileceği duygu durumları düzenlemesine ve yönetmesine yardımcı olur. Bu çalışmanın amacı; çocuk hasta ile çalışan klinisyenleri ilgilendiren iki önemli unsur olan "aile merkezli transdisipliner yaklaşım" ve çocuk hastaya yönelik "gelişimsel ve psiko-sosyal destek" sürecinin gerekliliği ve önemi konusunda farkındalık oluşturmaktır.

Anahtar Kelimeler: Çocuk Hasta, Aile Merkezli Yaklaşım, Transdisipliner Yaklaşım, Gelişimsel Destek, Psiko-Sosyal Destek.

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

1.GİRİŞ VE KURAMSAL ÇERÇEVE

"Aile merkezli hizmet; sağlık hizmetinin planlanması, sunulması ve değerlendirilmesinde, hasta, hastanın ailesi ve sağlık çalışanları arasında, tarafların faydasını gözetecek şekilde işbirliği kurulması esasına dayanan bir yaklaşımdır" (Zengin Akkuş ve Bahadur, 2023).

Çocuğun sağlığında ailenin rolü oldukça önemlidir ve bu rol anlaşılmaya başlandıkça, çocuk sağlığı hizmetinde aile merkezli uygulamalar da artmıştır. Aile merkezli hizmetin temel kavramları; ailenin özelliklerine ve tercihlerine saygı, aileyle bilgi paylaşımı, sağlık hizmetine ailenin katılımı ve aileyle iş birliği olarak sıralanabilir. Bu yaklaşım önemli olmasına karşın ülkemizde bu önemli klinik pratiğe dair farkındalığın oldukça düşük olduğu gözlenmektedir (Zengin Akkuş ve Bahadur, 2023).

Farklı disiplinlerin, aile merkezli yaklaşımı kendi perspektifinden ele aldığı gözlenmektedir. Örneğin; hemşirelik mesleğinde aile merkezli yaklaşım "bakım" perspektifinden ele alınarak tanımlanmıştır. Söz konusu tanım alanyazında, "Çocuk sağlığı hemşireliğinde aile merkezli bakım; çocuk ve ailenin fiziksel, duygusal, sosyal, entelektüel, kültürel ve spiritüel yönlerden bir bütün olarak ele alındığı holistik/bütüncül bakım yaklaşımlarıdır" ifadeleri ile yer bulmuştur (Törüner ve Büyükgönenç, 2011). 18. yüzyıldan 1990'lı yıllara uzanan tarihi bir süreçte gelişmiş bir kavram olan "aile merkezli bakım"ın amaçları; çocuk ve aile arasındaki bağları korumak, çocuğun bakımına ailenin katılımını sağlamak, çocuğun hastane ortamında da kendini güvende hissetmesini sağlamak, hastaneye yatmanın çocuk ve aile üzerindeki olumsuz etkilerini önlemek şeklinde sıralanabilir (Sanders, 2009; Aykanat ve Gözen 2014).

Çocuk Gelişimi Bilimi açısından bakacak olursak gelişimsel değerlendirme sürecinde de aile merkezli yaklaşım en etkin ve en işlevsel olduğunu söylemek mümkündür. "Aile Merkezli Gelişimsel Değerlendirme" süreci, çocuğun gelişim alanlarındaki yetilerine aile ile birlikte bakışı içerdiği gibi ailenin çocukla ilgili duygu, düşünce, kaygı ve görüşlerini anlamayı da içermektedir. Bu değerlendirme yönteminde sürece ailenin eşit ve ortak katılımı söz konusudur (Pekcici ve ark., 2011).

"Aile merkezli yaklaşımlar"; temelde sorunları saptama amacı güden "eksiklik modeli" yaklaşımları yerine "güçlülük modeli"ni benimser. Bu modelde; ailenin ve çocuğun sorunlarının tanınması oldukça önemlidir ancak ondan da öte, aile ve çocukların güçlü yanlarının tanınması esas amaçtır. "Güçlü yanlar" çocuk ve ailenin özel ve olumlu özellikleridir ki bu özellikler ailenin ve çocuğun aktif yaşama uyum sürecinde dayanak olarak kullandıkları, yapısal özellikleri, birliktelikleri ya da deneyimleri sonucu oluşturdukları özellikleri

içermektedir. Bu güçlü yanlar olabildiğince anlaşılır ve güçlendirilirse uzun vadede çocuk ve ailesi açısından o denli verimli bir yaşam gelişeceği düşünülür (Hemmeter ve ark., 2001; Pekcici ve ark., 2011).

Gelişim, intrauterin hayattan yaşam sonlanıncaya kadar devam eden kesintisiz bir süreçtir. Hastane yatışları çocuğun hayatında doğrudan bir stres yaratsa da gelişimsel süreç hastanede de devam eder ve gelişimsel gecikmesi olsun ya da olmasın her çocuk istisnasız olarak gelişimsel açıdan desteklenmeyi hak eder. Benzer şekilde hastane yatışlarında çocuğa verilecek olan psiko-sosyal destek bir taraftan hastane yatışının beraberinde getirdiği stres ve zorluklardan çocuğu korurken bir taraftan da ortaya çıkan korku-kaygı-stres gibi çocuğun baş etmekte zorlanabileceği duygu durumları düzenlemesine ve yönetmesine yardımcı olur. Çocuk ve ailenin yüksek yararı esas alındığında; hastanelerde sadece çocukların değil, çocuklar ile birlikte ailelerinin de desteklenmesi son derece önemli ve gerekli parametredir.

2. AMAÇ VE YÖNTEM

Bu çalışmanın amacı; çocuk hasta ile çalışan klinisyenleri ilgilendiren iki önemli unsur olan "aile merkezli transdisipliner yaklaşım" ve çocuk hastaya yönelik "gelişimsel ve psiko-sosyal destek" sürecinin gerekliliği ve önemi konusunda farkındalık oluşturmaktır. Çalışma kapsamında hazırlanan içerik alanyazın ile klinik deneyimler sentezlenerek oluşturulmuştur.

3. KONUNUN ANA UNSURLARI

3.1. Transdisipliner Yaklaşım

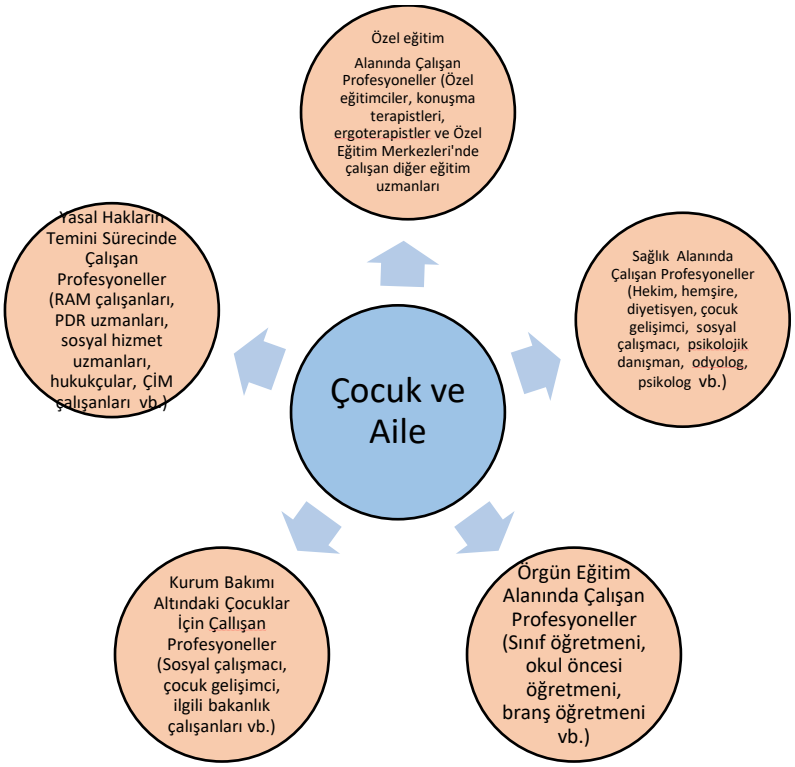
Transdisipliner yaklaşım; farklı disiplinlerdeki uzmanların tamamının bir problem veya çözümlenmesi gereken bir durum karşısında öncelikle ortak olarak kesiştikleri noktaları belirlemeleri ve hemen arkasından kendi disiplinlerine göre uygun olduğunu düşündükleri çözümleri ortaya koymalarıdır (Rosenfield, 1992). Sahada "transdisipliner yaklaşım" ile "multidisipliner yaklaşım" genellikle birbiri ile karıştırılmakta ya da birbiri yerine kullanılabilmektedir. Multidisipliner yaklaşımda çok sayıda disiplin "bir arada" çalışıp "kendi işini" yaparken, transdisipliner yaklaşımda disiplinler arasında "birlikte" çalışma söz konusudur ve bu yaklaşımda "ortak çalışma ve ortak metodoloji"den söz etmek mümkündür.

3.2. Aile Merkezli Transdisipliner Yaklaşım

"Aile Merkezli Transdisipliner Yaklaşım", çocuğun mevcut durumu ile ilgili tüm disiplinleri bir araya getirir ve hem çocuğu hem de aileyi merkeze alır. Bu yaklaşımda çocuğun yüksek yararı esas alınarak söz konusu disiplinler çocuk için gerekli planlama ve uygulamayı yapar.

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

Aslında, "Aile Merkezli Transdisipliner Yaklaşım" sadece sağlık alanında değil, sağlık alanı ile birlikte çocuğu ilgilendiren tüm alanlarda çalışan profesyonelleri gerekli işbirliği ve koordinasyonu yapmak üzere çocuğun yüksek yararını esas alan bir amaç/amaçlar etrafında toplar ve bir araya getirir. Örneğin bu yaklaşımda; sağlık alanında çalışan profesyoneller, örgün eğitim alanında çalışan profesyoneller, özel eğitim alanında çalışan profesyoneller, yasal hakların temini sürecinde çalışan profesyoneller, kurum bakımı altındaki çocuklar için çalışan profesyoneller gerek kendi içlerinde gerekse birbirleri arasında çocuk ve aileyi merkeze alarak transdisipliner olarak çalışma planlayıp uygulayabilir. Görsel 1'de Dr. Habibe Dilsiz tarafından oluşturulmuş olan "Aile Merkezli Transdisipliner Yaklaşım"ı sembolize eden bir şekil görülmektedir.



Görsel 1. Aile Merkezli Transdisipliner Yaklaşım

3.3. Gelişimsel ve Psiko-Sosyal Destek

"Gelişim" ve "büyüme" kavramları sağlık çalışanları arasında dahi birbirinin yerine kullanılmakta ve bu iki kavram genellikle birbiri ile karıştırılmaktadır. Gelişim; intrauterin yaşamdan, yaşam sonlanıncaya kadar devam eden progresiv bir süreçtir. Büyüme, çocuğun

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

boy-kilo-baş çevresi-göğüs çevresi artışı gibi nicel bir kavrama karşılık gelirken; gelişim, çocuğun bilişsel, dil, hareket, öz bakım, sosyal ve duygusal alanlardaki yetisel durumunu niteleyen dinamik bir kavramdır.

Hastanelerde aylar boyunca yatarak tedavi görmesi gereken çocuklar bulunmaktadır. Bu çocukların gelişimsel açıdan desteklenmesi aslında gelişimsel erken müdahale sürecinin çok önemli bir parçasıdır. Hospitalize edilen çocuklardaki gelişimsel gecikmelerin en erken sürede tespit edilmesi, sorun ortaya çıkmadan önce gelişimsel destek sürecinin başlatılması, sorunun derinleşmesinin önlenmesi, tespit edilen gecikmeler ile ilgili erken müdahale ve rehabilitasyon sürecinin sağlıklı bir şekilde yürütülmesinin sağlanması son derece önemlidir.

Çocukların sadece gelişimsel olarak değil; birbirini dinamik bir süreç içinde etkilemekte olan ve ikili etkileşimsel bir ilişki örüntüsünü adında da barındırmakta olduğu görülen "psiko-sosyal" açıdan, bir başka ifade ile eş zamanlı olarak hem "psikolojik" açıdan hem de "sosyal" açıdan desteklenmesi de bir o kadar önemlidir. Nitekim; gerek "sosyal gelişim" gerekse de "duygusal gelişim" aslında temel gelişim alanlarındandır. Bir başka ifade ile çocuk gelişimsel açıdan desteklendiğinde aslında psiko-sosyal açıdan da desteklenmiş olur, olmalıdır. Bu nedenle bu metinde "gelişimsel destek" ve "psiko-sosyal destek" başlıklarının birbirinden ayrılmadan tek başlık altında incelenmesi tercih edilmiştir. Çocukların hastanede yattıkları sürece hastaneye ve tedaviye uyumları, taburcu olduktan sonra ise reel hayata, okula, sosyal çevrelerine uyum sağlamaları sürecinde hastanelerdeki yatış sürecinde ve taburculuktan sonra almaları gereken bu destekler oldukça önemli ve gereklidir.

Yukarıda ifade edilen unsurlar dikkate alındığında; yolu hastane ve sağlık kurumlarına düşen tüm çocukların gelişimsel ve psiko-sosyal açıdan desteklenebilmesi için gerekli planlamaların yapılmasının son derece elzem olduğu görülmektedir. Hospitalize edilen çocukların anne ve babalarının da psiko-sosyal açıdan desteklenmesi gerekmektedir. Bu bağlamda; çocukların gelişimsel açıdan, çocukların ve ailelerinin birlikte psiko-sosyal açıdan desteklenebilmesi için hastanelerde "Çocuk Gelişimci", "Sosyal Çalışmacı" gibi önemli ve gerekli olan meslek elemanlarının istihdamının artırılabilmesi için gerekli ve sürdürülebilir yasal düzenlemelerin ivedilikle yapılması gerekmektedir.

4. GENEL DEĞERLENDİRME, SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Çocuk hastaya yaklaşımda; çocuğun primer çevresinde mikrosistemi içinde yer alan ailesinin varlığı yadsınamaz. Nitekim; alan uzmanları, çocuğu ilgilendiren tıbbi, gelişimsel ve

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

davranışsal tüm tanıları bilebilir ancak çocuk ile tam zamanlı birlikte olan ve onu tanıyan yegane birim ailedir. Bu nedenledir ki çocuk hastaya yaklaşımda aile oldukça güçlü olan vazgeçilmez bir bileşendir. Transdisipliner yaklaşım, çocuğun mevcut durumu ile ilgili tüm disiplinleri bir araya getirir ve çocuğun yüksek yararı esas alınarak söz konusu disiplinler çocuk için gerekli planlama ve uygulamayı yapar. Transdisipliner yaklaşımın hedefe ulaşmasındaki en önemli unsur ise; çocuğu ve ailesini merkeze almak, çocuğun ve ailesinin ihtiyaçları doğrultusunda planlama ve uygulama yapmaktır. Gelişim, intrauterin hayattan yaşam sonlanıncaya kadar devam eden kesintisiz bir süreçtir. Hastane yatışları çocuğun hayatında doğrudan bir stres yaratsa da gelişimsel süreç hastanede de devam eder ve gelişimsel gecikmesi olsun ya da olmasın her çocuk istisnasız olarak gelişimsel açıdan desteklenmeyi hak eder. Benzer şekilde hastane yatışlarında çocuğa verilecek olan psiko-sosyal destek bir taraftan hastane yatışının beraberinde getirdiği stres ve zorluklardan çocuğu korurken bir taraftan da ortaya çıkan korku-kaygı-stres gibi çocuğun baş etmekte zorlanabileceği duygu durumları düzenlemesine ve yönetmesine yardımcı olur. Bu çalışmada; çocuk hasta ile çalışan klinisyenleri ilgilendiren iki önemli unsur olan "aile merkezli transdisipliner yaklaşım" ve çocuk hastaya yönelik "gelişimsel ve psiko-sosyal destek" sürecinin gerekliliği ve önemi konusunda farkındalık oluşturmak amaçlanmıştır. Bu hususta pozitif etkilerinin sahaya da yansıması ümit edilen aşağıdaki önerilerde bulunulabilir:

- Sadece hekim, hemşire gibi sağlık lisansiyerlerinin değil, mezun olduklarında çocuk ve aile birlikte çalışma potansiyeli bulunan tüm disiplinlerin (çocuk gelişimi, psikoloji, psikolojşk danışmanlık ve rehberlik, sınıf eğitimi, okul öncesi eğitim, fizyoterapi, ergoterapi, dil-konuşma terapisi, özel eğitim, hukuk gibi) lisansiyerlerinin henüz lisans eğitimi düzeyinde iken "Aile Merkezli Transdisipliner Yaklaşım" ile ilgili farkındalıklarının oluşturulabilmesi için gerekli olan ders müfredatının ivedilikle oluşturulması ve müfredat içine sadece teorik bilgi akışının değil doğrudan uygulamalı olgu örneklerinin entegre edilmesi önerilir.
- Birinci, ikinci ve üçüncü basamak sağlık hizmeti vermekte olan kurumlarda tüm ekip üyeleri tarafından "Aile Merkezli Transdisipliner Yaklaşım"ın benimsenmesinin sağlanması ve bu yaklaşımın kurumun temel felsefesi ve ana prensibi haline dönüştürülebilmesi için yönetici pozisyonundaki kurum liderlerinin gerekli alt yapı ve düzenlemeyi oluşturması ve bu hususta kurum çalışanlarının tümünü içerecek şekilde uygulamalı periyodik hizmet içi eğitimler düzenlenmesi önerilir.

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

- Çocukların gelişimsel açıdan, çocukların ve ailelerinin birlikte psiko-sosyal açıdan desteklenebilmesi için hastanelerde Çocuk Gelişimci, Sosyal Çalışmacı gibi önemli ve gerekli olan meslek elemanlarının istihdamının artırılabilmesi için gerekli ve sürdürülebilir yasal düzenlemelerin yapılması önerilir.
- Çocuklardaki gelişimsel gecikmelerin en erken sürede tespit edilmesi, sorun ortaya çıkmadan önce gelişimsel destek sürecinin başlatılması, sorunun derinleşmesinin önlenmesi, tespit edilen gecikmeler ile ilgili erken müdahale ve rehabilitasyon sürecinin sağlıklı bir şekilde yürütülmesinin sağlanması ve yolu hastane ve sağlık kurumlarına düşen tüm çocukların gelişimsel ve psiko-sosyal açıdan desteklenebilmesi için ikinci ve üçüncü basamak sağlık hizmeti vermekte olan üniversite ve devlet hastanelerinde çalışmakta olan Çocuk Gelişimci sayısının artırılması ve birinci basamak sağlık hizmeti vermekte olan Aile Sağlığı Merkezleri'nde de Çocuk Gelişimci istihdamına ivedilikle başlanması için gerekli ve sürdürülebilir yasal düzenlemelerin yapılması önerilir.

5. KAYNAKLAR

1. Aykanat, B., Gözen D. Çocuk Sağlığı Hemşireliğinde Aile Merkezli Bakım Yaklaşımı. *Gümüşhane Üniversitesi Sağlık Bilimleri Dergisi* /Gümüşhane University Journal of Health Sciences: 2014;3(1) 683.
2. Hemmeter ML, Joseph G, Smith B, Sandall S. *DEC recommended practices, program assessment: Improving practices for young children with special needs and their families*. 2001. Longmont, CO: Sopris West.
3. Hockenberry M.J (ed.), Wilson D (ed.), Sanders J. *Impact Of Hospitalization On The Child and Family: Wong's Essentials of Pediatric Nursing*. 8th edition. Mosby Inc, Philadelphia-2009. p: 658-686.
4. Pekcici BB. , Atay G , Ertem, İÖ. Özel Gereksinimi Olan Çocukların Aile Merkezli Yaklaşım ile Değerlendirilmesi. *Türkiye Çocuk Hast. Derg.* / Turkish J. Pediatr. Dis. 2011; 5 (2): 123-128.
5. Rosenfield, P. L. The potential of transdisciplinary research for sustaining and extending linkages between the health and social sciences. *Social Science & Medicine,* 1992; *35*(11), 1343-1357.
6. Törüner E (ed.), Büyükgönenç L (ed.), Törüner E, Büyükgönenç L. *Çocuk Sağlığı Hemşireliği: Çocuk Sağlığı Temel Hemşirelik Yaklaşımları.* Gökçe Ofset, Ankara-2011, 172-182.

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

7. Zengin Akkuş P, İlter Bahadur E. *Aile merkezli sağlık hizmeti.* Özmert EN, editör. Riskli Bebekte Gelişimsel İzlem. 1. Baskı. Ankara: *Türkiye Klinikleri;* 2023, 42-45.

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

DÜNYADA VE TÜRKİYE'DE İŞ YERLERİNDE SAĞLIĞI GELİŞTİREN POLİTİKALAR VE STRATEJİLER

HEALTH PROMOTION POLICIES AND STRATEGIES IN WORKPLACES IN THE WORLD AND TURKEY

Doç. Dr. Semra KOCATAŞ[1]

[1] Sivas Cumhuriyet Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Fakültesi, Hemşirelik Bölümü, Halk Sağlığı Hemşireliği Ana Bilim Dalı, Sivas, Türkiye

skocatas@gmail.com - ORCID: 0000-0001-7566-0060

Safiye Seda IŞIK[2]

[2]Sivas Cumhuriyet Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Halk Sağlığı Hemşireliği Ana Bilim Dalı (Yüksek Lisans Öğrencisi)

20249155004@cumhuriyet.edu.tr - ORCID: 0009-0006-4617-9052

Özet

İş sağlığı, çalışanların fiziksel, ruhsal ve sosyal iyilik hallerini korumayı ve geliştirmeyi amaçlarken; iş güvenliği, çalışma ortamında karşılaşılabilecek mesleki tehlikeleri önlemeye odaklanır. Sağlığı geliştirme yaklaşımı ise birey ve toplumun mevcut sağlık potansiyellerini artırmayı ve bireylerin olumlu sağlık davranışlarını güçlendirmeyi amaçlamaktadır. Çalışan bireyler zamanlarının çoğunu işyerinde geçirmeleri nedeniyle iş yerleri sağlık teşviki ve sağlığı geliştirme bakımından ideal bir ortam haline gelmektedir. Sağlığı geliştirmenin işyerindeki uygulamaları, çalışanların sağlık durumlarını iyileştirmeyi, güvenli bir çalışma ortamı sağlamayı ve iş tatminini artırmayı içerirken; işverenler açısından ise iş kazaları ve hastalık nedeniyle iş günü kayıplarını azaltmayı, üretkenliği artırmayı ve ekonomik maliyetleri düşürmeyi sağlamaktadır. Geniş bir erişim kapasitesine sahip iş yerleri, sağlık teşviki ve koruyucu hizmetler açısından önemli bir platform sunmakta, bu sayede sağlık hizmetlerinden yararlanması zor olan gruplara da ulaşılabilirliği sağlamaktadır. İş yerinde sağlığın geliştirilmesi hem bireylere hem de topluma uzun vadeli faydalar sağlamak için kritik bir öneme sahiptir.

Anahtar Kelimeler: İş sağlığı, iş yerlerinde sağlığı geliştirme, iş yerlerinde sağlık teşviki, iş yerlerinde sağlığı geliştirme politikaları

ABSTRACT

Occupational health aims to protect and improve the physical, mental and social well-being of employees, while occupational safety focuses on preventing occupational hazards that may be encountered in the work environment. The health promotion approach aims to increase the existing health potential of individuals and communities and to strengthen the positive health behaviors of individuals. Since working individuals spend most of their time in the workplace, the workplace is an ideal setting for health promotion and health promotion. Workplace

applications of health promotion include improving the health status of employees, providing a safe working environment and increasing job satisfaction, while for employers it can reduce lost working days due to accidents and illness, increase productivity and reduce economic costs. Workplaces with a wide access capacity provide an important platform for health promotion and preventive services, thus ensuring accessibility to groups that are difficult to access health services. Workplace health promotion is critical for delivering long-term benefits to both individuals and society.

Keywords: Occupational health, workplace health promotion, workplace health incentives, workplace health promotion policies.

Giriş

Yaralanmalar, ölümler, işgünü kayıpları ve ek maliyetler başta olmak üzere, iş kazaları ve meslek hastalıkları hem ülkemizde hem de dünya genelinde ön plana çıkmaktadır. "Uluslararası Çalışma Örgütü (ILO)" kaynaklarına göre her yıl dünyada 250 milyon adet iş kazası meydana gelmekte ve bu iş kazaları her yıl iki milyondan fazla insanın hayatını kaybetmesine neden olmaktadır. Her yıl yüz bine yakın iş kazasının meydana geldiği ülkemizde de binden fazla vatandaşımız hayatını kaybetmektedir (Aktay, 2024). Bütün bu verilere rağmen gelişmekte olan ülkelerin çoğunda, "İş Sağlığı ve Güvenliği (İSG)" çok büyük sosyoekonomik ve politik zorluklar nedeniyle hala ihmal edilmektedir (Imankulova ve Dzhusupov, 2018).

Çalışanların gerekli olan sağlık hizmetlerine erişmesi, sağlıklı ve güvenli bir çalışma ortamında bulunması da temel insan haklarındandır (Kayabek ve Çevik, 2022). Bu doğrultuda çalışanların görevlerini en iyi şekilde yerine getirebilmesi, öncelikle kendilerinin sağlıklı olması ile gerçekleşecektir (İnci ve ark., 2016).

Sağlıklı ve güvenli bir ortamda çalışmak her çalışan için, öncelikle insan sağlığı göz önünde bulundurularak önemsenmelidir. Bu anlamda iş ortamının risklerden arındırılması gerekmektedir. İş yerinde mevcut olan risklerin ortadan kaldırılması için öncelikle bu risklerin belirlenmesi, ayıklanması ve tekrar oluşumunun engellenmesi gerekmektedir (Ateş, 2020). Bunun için de gerekli olan unsur iş yerlerinde sağlığı geliştirmeye önem vermekten geçmektedir. İş yerleri, çalışan nüfusun büyük bir kısmının sağlığının geliştirilmesini desteklemek için ideal bir ortam sunmaktadır (Proper ve Van Oostrom, 2019).

Bu çalışmanın amacı, "İSG" alanında çalışanların sağlığını koruma ve geliştirme stratejilerini ele alarak, işyerlerinde sağlıklı ve güvenli ortamların oluşturulmasına katkı sunmaktır. Çalışma, bu alandaki literatüre katkı sağlamayı ve uygulamada rehberlik edecek öneriler geliştirmeyi hedeflemektedir.

1.İŞ SAĞLIĞI, İŞ GÜVENLİĞİ VE SAĞLIĞI GELİŞTİRME

"ILO ve Dünya Sağlık Örgütü (DSÖ) Ortak Komitesi" tarafından 1951 yılında yapılmış olan iş sağlığı tanımı, bütün çalışma alanlarını kapsayacak bir biçimde şu şekilde ifade edilmektedir: "İş sağlığı, bütün mesleklerde çalışanların bedensel, ruhsal ve sosyal yönden iyilik hallerini sürdürme ve daha üst seviyelere çıkarma çalışmalarıdır" (Yıldız ve ark., 2012). "ILO" 2016 yılında ayrıca iş sağlığını "Çalışma koşullarının neden olduğu ve çalışanların sağlıklarından uzaklaşmalarına yol açabilecek durumların önüne geçilmesini, sağlık risklerinden korumasını,

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

fizyolojik ve psikolojik yeteneklerine uygun işe yerleştirilmesini hedefleyen disiplinler bütünü" olarak tanımlamıştır (Gül ve ark., 2020). İş sağlının amaçları ise; çalışanların sağlığını ve çalışma kapasitesini korumak ve geliştirmek, çalışma koşulları ve ortamını güvenlik ve sağlığa elverişli hâle getirmek için iyileştirmek, ilgili kuruluşun benimsemiş olduğu temel değer sistemlerini yansıtan, etkili yönetim sistemlerini, personel politikalarını, katılım ilkelerini ve gönüllü kaliteye dayalı yönetim uygulamalarını içeren bir iş organizasyonu ve çalışma kültürü geliştirmek, böylece iş sağlığı ve güvenliğini iyileştirmek olarak belirtilmektedir (WHO, 2024). İş yerlerinde "İşin yapılması sırasında çalışma ortamındaki çeşitli etmenler nedeniyle çalışanların karşılaştıkları sağlık sorunları ve mesleki tehlikelerin ortadan kaldırılmasına yönelik yapılan sistemli çalışmalar" ise iş güvenliği olarak tanımlanmaktadır (Erol, 2015).

"İSG" genel olarak, "Çalışanların iş ortamından veya iş ortamı dışındaki faktörlerden kaynaklı ortaya çıkabilecek; çalışanın sağlığını ve güvenliğini tehlikeye düşürebilecek risk durumlarının belirlenmesini, tanımlanmasını, değerlendirilmesini, kontrol altına alınmasını ve ortadan kaldırmasını amaçlayan multidisipliner bir bilim" olarak tanımlanmaktadır (Öçal ve Çiçek, 2017). İlerleyen süreçte bu tanımlara sağlığı geliştirme yaklaşımı da eklenmiştir. "Sağlığı geliştirme" birey, aile, toplum ve toplum gruplarının sağlık potansiyellerinin geliştirilmesi ve iyilik düzeyinin yükseltilmesine yönelik aktiviteleri kapsamaktadır. Sağlığı geliştirme, bireyin var olan olumlu sağlık tutumlarının en üst düzeye getirilmesini hedeflemektedir (Yıldız ve ark., 2012). Çalışanlar iş yerinde çok fazla zaman geçirdiğinden mevcut sosyal ağlar ile olumsuz davranışları değiştirmek bunun yanı sıra sağlığı geliştirmek için kullanılabileceğinden, işyerleri sağlığın geliştirilmesi açısından umut verici ortamlardır (Carr ve ark., 2015). Ayrıca iş yerleri, çok sayıda bireye ulaşmak için gerekli altyapıyı ve sürekli erişimi sunmaktadır. Bu geniş erişim, sağlık teşviki konusunda erişimi zor olan demografik gruplara ulaşma fırsatını da beraberinde getirmektedir (Bezzina ve ark., 2021). İş yerinde sağlığı geliştirmenin hem işveren hem de çalışanlar açısından pek çok faydası bulunmaktadır. Bu faydalar işverenler açısından; hastalık ve kaza nedenli iş kayıplarının azalmasını sağlamak, işyerinde verimli çalışmanın sağlanması ve üretimin artmasına destek olmak, iş yeri ile ilgili olumlu imaj oluşturmak ve sağlık harcamalarının artmasını önlemektir. Çalışanlar açısından faydaları ise; güvenli bir çalışma ortamında çalışmalarını sağlamak, sağlıklı olarak çalışmalarını desteklemek ayrıca işten memnuniyetlerinin ve tatminlerinin artması olarak özetlenmektedir (Yıldız ve ark., 2012).

2.İŞ KAZALARI VE MESLEK HASTALIKLARI

Dünya Sağlık Örgütü (DSÖ) tarafından yapılan sağlık tanımı "İnsanların fiziksel, ruhsal ve sosyal yönden tam bir iyilik hali içerisinde olması" şeklinde ifade edilmektedir. Çalışan insanların farklı sebeplerden kaynaklı olmak üzere iş kazaları ve meslek hastalıkları nedeniyle tam iyilik halinden uzaklaşmalar meydana gelmektedir. İş hayatında en fazla fiziksel yönden zararlar oluşmaktadır. Bu zarara sebep olan faktörler ise iş kazası ve meslek hastalıklarından oluşmaktadır. "ILO" iş kazası tanımını "Belirli bir zarara ya da yaralanmaya neden olan beklenmeyen ve önceden planlanmamış olaylar ve eylemler" şeklinde ifade etmektedir. (Özdemir ve Serin, 2022).

5510 sayılı Kanun'un ilgili maddesi uyarınca iş kazası tanımlaması ise şu şekilde belirtilmektedir: "Sigortalının işyerinde bulunduğu sırada, işveren tarafından yürütülmekte olan iş nedeniyle, sigortalı kendi adına ve hesabına bağımsız şekilde çalışıyorsa yürütmekte olduğu

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

iş nedeniyle, bir işverene bağlı olarak çalışan sigortalının görevli olarak iş yeri dışında başka bir yere gönderilmesi nedeniyle asıl işini yerine getirmediği durumlarda, sigortalı çalışan bireylerin işveren tarafından sağlanan bir taşıtla işin yapıldığı yere ulaşımı sırasında meydana gelen ve sigortalıyı hemen veya sonradan bedenen ya da ruhen engelli hâle getiren durumlardır." (Ceylan ve Gözüak, 2021).

Son yıllarda iş kazalarının nedenlerini ortaya koymak amacıyla birçok araştırma yapılmıştır. Bu çalışmalarda düzensiz ve uzun çalışma sürelerinin çalışanlarda yorgunluğu arttırdığı ve bu durumun kaza riskini de beraberinde getirdiği saptanmıştır (Aşkın ve Öztürk, 2022). Yine çalışmalar sonucunda saat 11:00 ile 11:59 arası iş kazalarının en yüksek seviyeye ulaştığı tespit edilmiştir. Bu husus yemek saati öncesinde özellikle tehlikeli, çok tehlikeli sınıfta ve efor sarf edici işlerde çalışan kişilerin yemek saatine yakın kan şekeri seviyesinin düşmesi ve beraberinde çalışanların dikkatlerinin azalması ile de açıklanmaktadır (Çavdar ve ark., 2022). Bir başka iş kazası nedeni ise kaza yapan işçilerin yaptıkları iş ile ilgili mesleki eğitim sertifikalarının olmayışı olarak tespit edilmiştir (Karadağ ve Kepekli, 2018). 2016-2017 yıllarında meydana gelen iş kazaları çalışmaları sonucunda ise insan düşmesi tipindeki kaza türünün ilk sırada yer aldığı tespit edilmiştir. Bu durumun nedeni ise gerekli önlemlerin alınmaması, uyarı levhalarının bulunmaması, işçilere gereken "İSG" eğitimlerinin detaylı olarak anlatılmaması olarak belirtilmiştir (Uzdil ve Güllüoğlu, 2020). Buna karşın yapılan araştırmaların ortak bulguları; iş kazalarının temel nedeni olarak işveren ve çalışanların iş güvenliğinin önemi konusunda yeterli bilgi ve bilinç seviyesine sahip olmaması olarak saptanmıştır (Arpa ve Çakı, 2018).

Çalışanların sağlığını etkileyen bir diğer faktör meslek hastalıkları olarak karşımıza çıkmaktadır. Meslek hastalıkları Sosyal Güvenlik Kurumu (SGK) tarafından "Sigortalının çalıştırıldığı işin niteliğine göre yinelenen bir sebeple veya işin yürütülme şartları yüzünden uğradığı geçici veya sürekli hastalık, sakatlık veya ruhi arıza halleridir" şeklinde tanımlanmaktadır (Özdemir ve Serin, 2022).

Ülkemizde meydana gelen meslek hastalıkları; A Grubu: Kimyasal maddelerden kaynaklanan meslek hastalıkları, B Grubu: Mesleki cilt hastalıkları, C Grubu: Pnömokonyozlar ve diğer mesleki solunum sistemi hastalıkları, D Grubu: Mesleki bulaşıcı hastalıklar, E Grubu: Fiziksel etmenler sonucu meydana gelen meslek hastalıkları olmak üzere 5 grupta toplanmaktadır. Bununla birlikte meslek hastalıkları, etkiledikleri organlara ve meslek hastalığına sebep olan etkenlere göre de sınıflandırılmaktadır (Ilıman, 2015). Meslek hastalıkları etkiledikleri organlara göre; solunum sistemi, sindirim sistemi, hematopoetik sistem, kas iskelet sistemi, işitme organı ve sistemi, çoklu organ etkilenimi olarak, meslek hastalığına sebep olan etkene göre; kimyasal nedenler, fiziksel nedenler, biyolojik nedenler ve tozlar olarak gruplandırılmaktadır (Keçeci, 2019).

ILO'nun yayınladığı en son rapora göre iş kazaları ve iş yerinden kaynaklı hastalıklarından dolayı her yıl 2,78 milyon işçi hayatını kaybetmektedir. Bu ölümlerin yaklaşık 2,4 milyonu (%86,3) işle ilgili hastalıklardan ve 380.000'den fazlası (%13,7) iş kazalarından kaynaklanmaktadır. SGK'nın 2021 verilerine göre 5510 sayılı kanun 4 maddesi kapsamında 531 erkek 24 kadın olmak üzere toplam 555 iş kazası ve meslek hastalığının oluştuğu bildirilmiştir (Çapuk ve ark., 2023).

Her meslek hastalığının ve iş kazasının belirli semptomları ve risk faktörleri bulunmaktadır. Bu nedenle, "İSG" önlemlerinin alınması hem meslek hastalıklarının erken teşhisinde hem de iş kazalarının meydana gelmesinin engellenmesinde çok önemlidir. "İSG" kurallarına uyulması, kişisel koruyucu ekipmanların kullanılması ve işyeri koşullarının iyileştirilmesi gibi önlemler, meslek hastalıklarının ve iş kazalarının risk durumlarını azaltabilir ve bu durumların önüne geçebilir. Ayrıca işçilerin düzenli olarak sağlık kontrolleri yaptırmaları da bu konuda büyük bir önem taşımaktadır. (Çetin ve ark., 2024).

3.İŞ YERLERİNDE SAĞLIK TEŞVİKİ

Sağlık Teşviki, DSÖ tarafından Ottowa Bildirgesi'nde, "İnsanların sağlıkları üzerinde kontrol sağlamalarına ve sağlıklarını geliştirmelerine olanak tanıyan bir süreç" olarak tanımlanmıştır (Verra ve ark., 2019). Sigara kullanımı, alkol tüketimi, sağlıksız beslenme ve fiziksel aktivite eksikliği gibi sağlıksız davranışların çalışanların sağlığı üzerinde olumsuz etkileri olduğu iyi bilinmektedir. Bu tür sağlıksız davranışlar, iş yerinde verimlilik kaybı ve artan hastalık izinleri ile de ilişkilidir. Ayrıca, sağlıksız davranışlar daha çok düşük sosyoekonomik gruplar arasında yaygındır ve sağlık alanındaki sosyoekonomik eşitsizliklere katkıda bulunur. Bu durumu iyileştirmek amacıyla, çalışanların sağlığını ve sağlık davranışlarını geliştirmeyi hedefleyen çok sayıda "İş Yeri Sağlık Teşvik Programı" geliştirilmiştir (Van de Ven ve ark., 2020). Sağlık teşviki politikaları, toplumların sağlıklı olmasını sağlayacak koşulları oluşturmayı ve sağlıklı seçimler yapmalarını kolaylaştırmayı amaçlar (Verra ve ark., 2019). İş Yeri Sağlık Programları, çalışanları sağlıklı davranışlara teşvik etmek ve onların refahını desteklemek amacıyla iş yerinde uygulanan politika, çevresel destek ve etkinliklerden oluşan koordineli ve kapsamlı sağlık teşviki stratejileridir (Crane ve ark., 2019). İş Yeri Sağlık Teşviki, yalnızca kısa vadeli riskleri azaltmanın veya doğrudan sağlık tehditlerini ele almanın ötesinde, ölçülebilir iyileştirmeler yoluyla daha iyi sağlık sonuçlarına odaklanır. İş Yeri Sağlık Teşviki'nin yaygın örnekleri arasında iş yerinde sağlıklı beslenmeyi teşvik etmek ve fiziksel aktiviteyi artırmak yer alır. Dolaylı örnekler ise esnek çalışma saatleri politikalarını içerir; bu politikalar genellikle egzersiz yapma veya çeşitli aktivitelere katılma fırsatlarını artırmayı amaçlar. Stres azaltma stratejileri ve alkol ile uyuşturucu hakkında farkındalık yaratma faaliyetleri de genellikle sağlık teşviki içerisinde kabul edilmektedir (Verra ve ark., 2019).

Avrupa Birliği'nde, 1997 yılında kabul edilen "İşyerinde Sağlık Teşviki" üzerine Lüksemburg Deklarasyonu, sağlıklı organizasyonlarda sağlıklı bireyler hedefine ulaşmayı amaçlamıştır (enwhp.org). Lüksemburg Deklarasyonu hedeflerine göre, işyerlerinde sağlığı geliştirme; işverenlerin, işçilerin, toplumun sağlığını ve refahını geliştirmek üzere giriştiği ortak çabalardan meydana gelmektedir. Bu çabalar; çalışma organizasyonu ve çalışma ortamının iyileştirilmesi, aktif katılımın desteklenmesi ve kişisel gelişimin oluşmasına teşvik etmektir. Daha yakın zamanda, Avrupa Birliği'nde 2021-2027 Sağlık ve Güvenlik Stratejik Çerçevesi, işyerinde sağlıklı yaşam tarzlarının benimsenmesine teşvik etmenin, iş günü kayıplarını, kanser, obezite, kardiyovasküler hastalıklar ve diyabet gibi bulaşıcı olmayan hastalıkları azaltabileceğini savunarak bu perspektifini güçlendirmiştir (Farias, 2022).

4.İŞ YERLERİNDE SAĞLIĞI GELİŞTİRME STRATEJİLERİ

İş yerleri, çalışanları hasta olduklarında evde kalmaya ve yıllık aşılar gibi bağışıklık sistemini güçlendiren uygulamalara teşvik ederek hastalıkların yayılmasını önlemeye de yardımcı olabilir. Hastalık ve enfeksiyonun önlenmesini desteklemenin yanı sıra iş yerleri, çalışanlarının güvenliğini sağlamak ve yaralanmaların önüne geçebilmek için de önlemler alabilir (www.healthvermont.gov). Ülkemizde bu kapsamda iş yerlerinde sağlığı geliştirici faaliyetlerin mümkün olduğunca iletişim becerileri yüksek, eğitici vasfı olan kişilerden tercih edilerek yapılması gerektiği belirtilmektedir. Bunun yanı sıra çalışanlara, genel bilgilendirme kapsamında "İSG" ile ilgili genel konular, iş kazaları ve meslek hastalıklarına ilişkin genel bilgiler, ülkemizde hizmet veren kamu ve özel kurum ve kuruluşların anlatılması ayrıca birinci basamak sağlık tesisleri, bunların sunduğu hizmetler, hizmetlere ulaşım ile ilgili bilgilendirmelerin ve tanıtımların yapılması önerilmektedir (T.C. Sağlık Bakanlığı Halk Sağlığı Genel Müdürlüğü, 2024). Amerika Birleşik Devletleri (ABD) Vermont Eyaleti'nde de çalışan yetişkinlerin üçte birinden fazlasının yıllık sağlık muayenesi olmadığı ve birçoğunun yaş ve cinsiyetlerine uygun önerilen taramaları yaptırmadığı saptanmıştır. Vermont Eyaleti bu doğrultuda iş yerlerine önerilen birçok strateji geliştirmiştir. Bunlar: Kanser taramaları, ağız sağlığı, astım yönetimi ve aşıların güncel tutulmasının önemini anlatan eğitim broşürleri hazırlamak, sigortasız veya yetersiz sigortalı çalışanlar için ücretsiz veya düşük maliyetli tarama hizmetlerini tanıtmak, ücretli hastalık izni sunmak, iş amaçlı araç kullanırken emniyet kemeri ve cep telefonu kullanımı gibi güvenli sürüşle ilgili konular hakkında bilgilendirmek, vardiya sürelerini azaltmak ve kişisel koruyucu ekipmanlar sağlamak olarak belirtilmiştir (www.healthvermont.gov). İş yerleri aynı şekilde fiziksel aktiviteye değer verilen ve teşvik edilen bir işyeri kültürü oluşturarak insanları günlük rutinlerine hareket katmaya teşvik edebilir. Bu doğrultuda ise "Güney Avustralya Hükümeti" iş yerlerine; fiziksel aktiviteyi teşvik etmek için esnek çalışma saatleri uygulama, düzenli esneme veya yürüyüş molaları verme, merdiven kullanımını teşvik eden dikkat çekici işaretler yerleştirme, kolay erişilebilir bisiklet imkânı sunma, yerel bir spor salonu için kurumsal indirimler uygulama, çalışanlara düzenli hareketin faydalarını duyurmak için haber bültenleri ve duyuru panoları düzenleme gibi birçok strateji önermektedir (www.healthyworkplaces.sa.gov.au). İş yerleri, sağlıklı beslenmenin teşvik edilmesinde ve sağlıklı gıda seçeneklerinin çalışanlara sunulmasında da önemli bir rol oynayabilir. İş yerleri için önerilen beslenme stratejileri önerileri ise şu şekildedir: Çalışanların düzenli olarak öğle tatillerini yapmalarına teşvik eden mola politikaları geliştirebilir. Bu politikaların yanı sıra beslenme aktivitelerine katılım için ödüller sunma, sağlıklı beslenmeye teşvik edici kampanyalar düzenleme, ücretsiz bir "Sağlıklı Beslenme Atölyesi" gibi yerinde beslenme eğitimi fırsatları düzenleyen atölyeler geliştirme, çalışanlar için iş yerlerinde; buzdolapları ve mikrodalgalar sağlama, sağlıklı gıda seçeneklerin yüzdesini artırmak için sağlıklı otomat ve kafeterya standartları uygulama (www.healthvermont.gov). Ayrıca tütün ürünlerinin kullanımı da iş sağlığı ile yakından ilgilidir. Çalışanların tütün ürünlerini kullanımı ya da tütün dumanından pasif etkilenimleri, ciddi hastalıklar ve erken ölüm için önemli risk faktörleri arasında bulunmaktadır (Yıldız ve ark., 2012).

"Güney Avustralya Hükümeti" iş yerlerine tütün konusuna yönelik de birçok strateji geliştirmiştir. Bu stratejiler arasında; işyerlerinde sigara içme alanları varsa, bu alanların mevzuata uygun olmasını sağlamak, sigarayı bırakma mesajlarını tanıtıcı materyallerle yayınlamak ve sigarayı bırakmayı teşvik eden etkinlikler düzenlemek, sigara bırakma destek

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

hizmetlerini tanıtmak ve buralara çalışanların erişimlerini sağlamak, iş saatleri içinde sigarayı bırakma programları düzenlemek ve katılımı desteklemek, iş yerindeki bırakma programlarını çalışanların ailelerini ve hane üyelerini kapsayacak şekilde ayarlamak gibi politikaların oluşturulması bulunmaktadır (www.healthyworkplaces.sa.gov.au).

5.DÜNYADA VE TÜRKİYE'DE İŞ YERLERİNDE SAĞLIK TEŞVİKİ VE UYGULAMALAR

Dünyada iş yerlerinde sağlık teşviki konusunda Belçika'da esnek çalışma saatlerinin teşvikine, dolayısıyla iş-yaşam dengesinin iyileştirilmesine odaklanılmıştır. Hırvatistan'da çalışma yerlerinin tasarımı, çalışanların bağımsızlığı ve iletişim düzeyi konusunda düzenlemeler yapılmıştır. İtalya'da ise Lombardiya bölgesindeki yerel sağlık biriminde aktif olarak iş yerlerinde sağlığı teşvik eden, kamu-özel iş birliği ağı olan "Lombardiya İş Yeri Sağlık Teşvik Ağı" oluşturulmuştur (Verra ve ark., 2019). İşyerlerinde sağlık teşvik uygulamaları doğrultusunda ABD'de ise "Sağlıklı Yaşam Teşvik Programı (Healthy Lifestyle Incentive Programme – HLIP)" oluşturulmuştur. Bu program kapsamında; ücretsiz yıllık sağlık taramaları, tarama sonuçlarına yönelik kişiselleştirilmiş geri bildirim, sağlığı teşvik eden bir dizi etkinliğe katılan çalışanlara, puan kazandıran bir ödül sistemi ile teşvikler sağlanmaktadır (OECD, 2022). Ülkemizde bu bağlamda iş yerlerinde "İSG" alanında gerekli tedbirlerin alınması ve "İSG" hizmetlerinin sağlanması amacıyla "Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı (ÇSGB)" tarafından işverenlere yönelik destek ve teşvik uygulamaları sağlanmaktadır (ÇSGB, 2024). Ayrıca "T.C. Sağlık Bakanlığı" tarafından birinci basamak sağlık politikaları ve hizmetleri, aşılama çalışmaları, iş yerlerinde sağlıklı beslenme ve hareketli hayatın sağlık üzerine olumlu etkileri, epidemiyolojik açıdan önemli bulunan kronik hastalıkların yönetimi, sigara bırakma faaliyetleri, bağımlılıkla mücadele farkındalıkları, ağız ve diş sağlığı tarama hizmetleri, özellikle genetik hastalık yükünün azaltılması ve ülke ekonomisine olan maddi zararın azaltılması, üreme, normal doğum ve gebe eğitimleri, kanserden korunma ve erken teşhisin önemi gibi konularda bireylerin bilgi ve bilinç düzeylerinin yukarılara çekilmesi için birinci basamak hizmetlerinin niteliklerini artırmak üzere "İş Yeri Ziyaretleri" uygulamaları başlatılmıştır (T.C. Sağlık Bakanlığı, 2024). "ÇSGB" ise çalışanlarına yönelik "Sağlıklı Yaşama Davet Projesi" geliştirmiştir Bakanlık bu proje ile çalışanlarının sağlıkla ilgili çeşitli özelliklerini, sağlıklı yaşam davranışlarını öğrenmek ve çeşitli kanallarla yapılacak eğitim ve bilgilendirme çalışmaları ile çalışanlarda sağlıklı yaşam konularında farkındalık kazandırılması ve davranış değişikliği yapılmasını amaçlamıştır (Özcebe ve ark, 2019).

6.SONUÇ

İş kazaları ve meslek hastalıkları hem sağlık bakımından hem de ekonomik açıdan büyük kayıplara sebebiyet vermektedir. Bu kayıpların önlenmesi ve kontrol altına alınması için iş yerlerinde sağlığı geliştirme stratejileri ve sağlık teşviki büyük bir önem taşımaktadır. Çalışanların sağlıklı yaşam tarzlarını benimsemeleri ve bu konuda teşvik edilmeleri, iş güvenliği kültürünün güçlendirilmesine yardımcı olacaktır. Gelişmekte olan ülkelerde bu alandaki engellerin aşılması, iş sağlığı ve güvenliği önlemlerinin etkinliğini artıracaktır ve çalışanların sağlıklarını koruma ve geliştirmede önemli olacaktır. Sağlık geliştirme stratejilerinin yaygınlaştırılması, çalışan sağlığını koruyarak iş verimliliğini artıracak bunun yanı sıra iş kazalarını ise azaltacaktır. Bu nedenle, iş sağlığı ve güvenliğine yapılan yatırımların-

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

teşviklerin artırılması, sağlığı geliştirme stratejilerinin yaygınlaştırılması ve sağlıklı çalışma ortamlarının sağlanması her geçen gün daha fazla önem kazanmaktadır.

KAYNAKÇA

1. Aktay, N. (2024). İş sağlığı ve güvenliği eğitiminin iş güvenliği kültürüne etkisi (Yayımlanmamış yüksek lisans tezi). İstanbul Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü.
2. Arpa, M., & Çakı, C. (2018). İş Kazalarını Konu Alan İş Güvenliği Reklamlarında Duygusal Çekiciliklerin Kullanımı: Avustralya ve Singapur İş Güvenliği Reklamları Üzerine İnceleme. Sosyal Güvenlik Dergisi, 8(2), 153-172. https://doi.org/10.32331/sgd.493020
3. Aşkın, A., & Öztürk, Ö. F. (2022). Mobilya Sektörü Çalışanlarında İş Kazası ve Meslek Hastalıklarının İncelenmesi Üzerine Bir Araştırma. Bartın Orman Fakültesi Dergisi, 24(2), 351-364. https://doi.org/10.24011/barofd.1063359
4. Ateş, Z. G. (2020). Çalışanların İş Sağlığı ve Güvenliği Açısından Eğitilmeleri. Selçuk Üniversitesi Hukuk Fakültesi Dergisi, 28(2), 713-744. https://doi.org/10.15337/suhfd.738406
5. Bezzina, A., Clarke, E. D., Ashton, L., Watson, T., & James, C. L. (2024). Workplace Health Promotion Programs Targeting Smoking, Nutrition, Physical Activity, and Obesity in Men: A Systematic Review and Meta-Analysis of Randomized Controlled Trials. Health education & behavior: the official publication of the Society for Public Health Education, 51(1), 113–127. https://doi.org/10.1177/10901981231208396
6. Carr, L. J., Leonhard, C., Tucker, S., Fethke, N., Benzo, R., & Gerr, F. (2016). Total Worker Health Intervention Increases Activity of Sedentary Workers. American journal of preventive medicine, 50(1), 9–17. https://doi.org/10.1016/j.amepre.2015.06.022
7. Çapuk, H., Borak, D., Barış, M., Ünüşdü, F., vd. (2024). Sanayide Çalışan İşçilerde İş Kazası, Meslek Hastalıkları ve Madde Kullanımı. Paramedik ve Acil Sağlık Hizmetleri Dergisi, 5(1), 42-50. https://doi.org/10.54862/pashid.1359659
8. Crane, M., Bohn-Goldbaum, E., Lloyd, B., Rissel, C., Bauman, A., Indig, D., Khanal, S., & Grunseit, A. (2019). Evaluation of Get Healthy at Work, a state-wide workplace health promotion program in Australia. *BMC public health*, *19*(1), 183. https://doi.org/10.1186/s12889-019-6493-y
9. Çavdar, U., Manyaslı, M., Akkaya, E., Sevener, D., et al. (2022). Yaşanan İş Kazalarının Kaza Saatlerine ve Cinsiyete Göre İstatistiki Olarak Değerlendirilmesi ve Yorumlanması. International Journal of Engineering Research and Development, 14(1), 360-368. https://doi.org/10.29137/umagd.880158
10. Çepni, S. (2018). İş yeri sağlığı geliştirme programının hemşirelerin sağlık davranışları üzerine etkisi [Yüksek Lisans Tezi]. T.C. Dokuz Eylül Üniversitesi.
11. Çetin, M. B., Özdemir, Y., Yıldırım, M., & Aytekin, M. A. (2024). Meslek hastalıkları ve iş kazaları ile ilgili istatistiksel çalışmalar: Literatür taraması. *Journal of Social and Administrative Sciences, 9,* 106–121. https://doi.org/10.52693/jsas.1446610
12. Erol, S. (2015). İŞ SAĞLIĞI VE GÜVENLİĞİ KONUSUNDA İŞVEREN, ÇALIŞAN VE DEVLETİN ROLÜ. ASSAM Uluslararası Hakemli Dergi, 2(4), 86-103.

13. Farias, P. A. M., Raposo, S. R. F., & Pereira, H. J. A. D. R. (2022). Health promotion at work: assessment of lifestyles of administrative assistants in a hospital. *Revista da Escola de Enfermagem da U S P*, *56*, e20220198. https://doi.org/10.1590/1980-220X-REEUSP-2022-0198en
14. Gözüak, M. H., & Ceylan, H. (2021). Türkiye'de inşaat sektöründe meydana gelen iş kazalarının iş sağlığı ve güvenliği bağlamında analizi: Güncel eğilimlere genel bir bakış. Sağlık Akademisyenleri Dergisi, 8(2), 133-143.
15. Gül, A., Özalp, Ş., & Andsoy, İ. I. (2020). Sağlık kurumlarında iş güvenliğinin değerlendirilmesi. Zeynep Kâmil Tıp Bülteni, 51(1), 35-39.
16. https://www.healthyworkplaces.sa.gov.au/action-areas/smoking (Erişim Tarihi: 25.11.2024)
17. https://www.healthyworkplaces.sa.gov.au/action-areas/physical-activity-and-sedentary-work (Erişim Tarihi: 25.11.2024)
18. https://www.who.int/health-topics/occupational-health (Erişim Tarihi: 28.11.2024)
19. https://www.healthvermont.gov/wellness/worksite-wellness/promote-healthy-food-choices-workplace (Erişim Tarihi: 25.11.2024)
20. https://www.healthvermont.gov/wellness/worksite-wellness/promote-preventive-care-and-safety (Erişim Tarihi: 25.11.2024)
21. https://hsgm.saglik.gov.tr/tr/haberler-13/is-yerinde-sagligin-gelistirilmesi.html (Erişim tarihi: 28.11.2024)
22. https://live.csgb.gov.tr/tr/sikca-sorulan-sorular/%C4%B1s-sagligi-ve-guvenligi-genel-mudurlugu (Erişim tarihi: 29.11.2024)
23. Ilıman, E. Z. (2015). TÜRKİYE'DE MESLEK HASTALIKLARI. Uluslararası Sağlık Yönetimi Ve Stratejileri Araştırma Dergisi, 1(1), 21-36.
24. İmankulova, B. N., & Dzhusupov, K. O. (2018). Some Issues of Occupational Health of Health Care Workers in Central Asia (Review). Annals of global health, 84(3), 459–464. https://doi.org/10.29024/aogh.2329
25. İnci, E. İ., Bilişli, Y., & Hizay, D. (2016). İş kazalarına maruz kalan sağlık çalışanlarının bildirimlerinin değerlendirilmesi: üniversite hastanesi örneği. Sağlık Akademisyenleri Dergisi, 3(3), 83-88. https://doi.org/10.5455/sad.13-1477513701
26. Karadağ, T., & Kepekli, T. A. (2019). İnşaat Sektöründe Yaşanan İş Kazaları ve Kaza Nedenleri. Karabük Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, 8(2), 314-322.
27. Kayabek, I., & Çevik, C. (2022). Sağlık Çalışanlarında İş Yeri Risk Faktörleri ve Korumaya İlişkin Bir Derleme. Ordu Üniversitesi Hemşirelik Çalışmaları Dergisi, 5(2), 258-268. https://doi.org/10.38108/ouhcd.948609
28. Keçeci, Ş. (2020). 2010- 2016 Yılları Arasında Türkiye'de Beklenen ve Tespit Edilen Meslek Hastalıkları Sayılarının Karşılaştırılması. Ankara Sağlık Hizmetleri Dergisi, 18(2), 52-60.
29. M. B. Çetin, Y. Özdemir, M. Yıldırım ve M. A. Aytekin, "Meslek Hastalıkları ve İş Kazaları İle İlgili İstatistiksel Çalışmalar: Literatür Taraması", JSAS, sy. 9, ss. 106–121, Haziran 2024, doi: 10.52693/jsas.1446610.
30. OECD. (2022). *Promoting health and well-being at work: Policy and practices*. OECD Health Policy Studies. OECD Publishing. https://doi.org/10.1787/e179b2a5-en

31. Öçal, M., & Çiçek, Ö. (2017). TÜRKİYE VE AVRUPA BİRLİĞİ'NDE İŞ KAZASI VERİLERİNİN KARŞILAŞTIRMALI ANALİZİ. Hak İş Uluslararası Emek ve Toplum Dergisi, 6(16), 616-637.
32. Özcebe, H., Bilir, N., Konşuk Ünlü, H., Kin İşler, A., et al. (2019). Büro çalışanlarında sağlığın geliştirilmesi müdahale çalışması; kazanılan deneyimler ve yaşanan güçlükler. Turkish Journal of Public Health, 17(3), 326-336. https://doi.org/10.20518/tjph.477967
33. Özdemir, F., & Serin, H. (2022). ÇALIŞAN VE SEKTÖRLERE GÖRE İŞ KAZASI VE MESLEK HASTALIĞI İSTATİSTİĞİ ÜZERİNE BİR ARAŞTIRMA. Turkish Journal of Forest Science, 6(1), 275-285. https://doi.org/10.32328/turkjforsci.1086595
34. Proper, K. I., & Van Oostrom, S. H. (2019). The effectiveness of workplace health promotion interventions on physical and mental health outcomes- a systematic review of reviews. Scandinavian journal of work, environment & health, 45(6), 546–559. https://doi.org/10.5271/sjweh.3833
35. Robroek, S. J., Coenen, P., & Oude Hengel, K. M. (2021). Decades of workplace health promotion research: marginal gains or a bright future ahead. Scandinavian journal of work, environment & health, 47(8), 561–564. https://doi.org/10.5271/sjweh.3995
36. Uzdil, O., & Güllüoğlu, A. (2020). Türkiye İnşaat Sektöründe 2016 ve 2017 Yıllarında Meydana Gelen İş Kazalarının İstatistiksel Olarak Karşılaştırılması. International Journal of Advances in Engineering and Pure Sciences, 32(2), 137-144. https://doi.org/10.7240/jeps.555736
37. Van de Ven, D., Robroek, S. J. W., & Burdorf, A. (2020). Are workplace health promotion programmes effective for all socioeconomic groups? A systematic review. Occupational and environmental medicine, 77(9), 589–596. https://doi.org/10.1136/oemed-2019-106311
38. Verra, S. E., Benzerga, A., Jiao, B., & Ruggeri, K. (2019). Health Promotion at Work: A Comparison of Policy and Practice Across Europe. Safety and health at work, 10(1), 21–29. https://doi.org/10.1016/j.shaw.2018.07.003
39. Yıldız, A. N., Karadağ Çaman, Ö. ve Esin, N. (2012, Kasım). *İşyerinde sağlığı geliştirme programları*.Turkis.org.tr. https://www.turkis.org.tr/storage/2021/10/ve38a4zji7dz-pdf.pdf (Erişim Tarihi:22.11.2024)

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

MAHALLE SAKİNLERİNİN İYİ OLUŞ MEKÂNI: KAFE GRANADA

Prof.Dr.Hatice Selma ÇELİKYAY
Bartın Üniversitesi
scelikyay@bartin.edu.tr - ORCID ID: 0000-0001-7482-9901

ÖZET

Günümüzde kafeler, restoranlar, pastaneler, eğlence yerleri vb. mekânlar, birçok insanın buluşma, karşılaşma, vakit geçirme adresi konumundadır ve sosyalleşme sürecinde önemli rol oynamaktadır. Yarı özel-yarı kamusal nitelikteki bu mekânlar, yalnızca işlevsel bakımdan değil, taşıdıkları simgesel ve imgesel kodlar ile de yaşamımızda büyük rol oynamaktadır. Yerin kimliği ile insanların yaşadıkları çevrelerde sosyal ilişkilerle inşa ettikleri kimlikler arasındaki bağıntılar önem taşımaktadır. Mekânlarda insanların kimliğiyle yerlere ilişkin duyumsadıkları kimlikler bir araya gelmektedir. Bu bildiride yer alan araştırmada Bartın ili, Merkez İlçesi, Kemerköprü Mahallesinde yaşayan toplam 20 kadından oluşan komşuluk grubunun buluşma mekânı olarak kullandıkları kafede iyi oluş durumları sunulmaktadır. İnsanların algıları, duygu ve düşünceleri gibi öznel verilere dayanan bu nitel araştırmada yarı yapılandırılmış görüşmeler yapılmış, kafe mekânı ile öznel iyi oluş durumları arasındaki ilişki irdelenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Mekân sosyolojisi, İnsan-mekân ilişkisi, İyi oluş.

NEIGHBORHOOD RESIDENTS' WELL-BEING PLACE: CAFE GRANADA

ABSTRACT

Today, places such as cafes, restaurants, patisseries, entertainment venues, etc. are places where many people meet, and spend time, and play an important role in the socialization process. These semi-private, semi-public spaces play a major role in our lives not only functionally but also with the symbolic and imaginative codes they carry. The connections between the identity of the place and the identities that people construct through social relations in the environments they live in are important. In places, people's identities and the identities they sense about places come together. In the research included in this report, the well-being situations of the cafe used as a meeting place by a neighborhood group consisting of 20 women living in Kemerköprü Neighborhood, Merkez District, Bartın Province are presented. In this qualitative research based on subjective data such as people's perceptions, feelings and thoughts, semi-structured interviews were conducted and the relationship between the café space and subjective well-being was examined.

Keywords: Sociology of space, Human-space relationship, Well-being.

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

1. MEKÂN VE İNSAN İLİŞKİSİ

Her mekân bir çevre içinde biçimlenir, yapılanır ve insan içindir. İnsan bu çevre ile iletişim ve etkileşim içerisinde bulunur (Aygenç, 2020). Mekân yalnızca fiziksel bir arka plan değildir; sosyal olarak inşa edilmiştir. Fiziksel çevreler- hem yapılı hem de doğal çevreler- sosyal davranışları ve ilişkileri etkiler. Farklı gruplar, kültürel, sosyal ve ekonomik geçmişlere dayalı olarak mekânları farklı şekillerde yorumlayabilir ve kullanabilir. Mekân, kimliğin oluşmasında hayati bir rol oynar. Mekân; çevre, kültür ve insan etkileşimiyle kendisini sürekli yenileyen bir gerçeklik olarak içerisinde her tür toplumsallığın yaşandığı değer yüklü bir zemin olması sebebiyle insani hallerin en yakın tanığıdır (Ayhan, 2022).

Lefebvre (1991)'e göre mekân toplumsal değerler ile anlamlara dayalıdır. İnsanların yaşadığı yerler, aidiyet, topluluk ve öz algılarını etkileyebilir. Örneğin, mahalleler kültürel kimliği somutlaştırırken, kamusal alanlar siyasi ifade ve sosyal hareketlerin mekânları olarak hizmet edebilir.

İnsan-mekân ilişkisinde hareketlilik ve erişim, sosyal etkileşimler ve fırsatlar üzerinde etki yaparak farklı grupların çevreleriyle nasıl etkileşimde bulunduğunu şekillendirebilir. Kentsel tasarım da sosyal etkileşimi etkileyen önemli bir unsurdur. Kamusal alanların ve kentsel çevrelerin tasarımı, sosyal etkileşimi kolaylaştırabilir veya engelleyebilir. İyi tasarlanmış parklar, meydanlar ve topluluk merkezleri sosyal bağlılığı artırırken, kötü tasarlanmış alanlar izolasyona veya çatışmalara yol açabilir.

Mekân ve insan ilişkisi, insanların yaşadığı, çalıştığı ve etkileşimde bulunduğu alanların, bireylerin psikolojisi, davranışları ve sosyal ilişkileri üzerindeki etkisini ifade eder. Mekân, sadece fiziksel bir yer değil, aynı zamanda insanların deneyimlerini, anılarını ve duygularını şekillendiren bir bağlamdır (Gramegna and Ciancia, 2023).

Ayrıca, mekânlar kültürel kimlikleri de yansıtır. Bir yerin mimarisi, tarihi ve sosyal yapısı, o bölgedeki insanların yaşam tarzlarını ve değerlerini etkiler. Örneğin, bir kütüphane, bilgiye erişim ve öğrenme için bir mekân sağlarken, aynı zamanda toplumsal etkileşim ve kültürel etkinlikler için de bir alan sunar.

Mekân ve insan ilişkisi dinamik ve çok yönlüdür. Mekânlar, insanların yaşamlarını şekillendirirken, insanlar da mekânları deneyimleyerek onlara anlam katar. Bu etkileşim, bireylerin ve toplulukların gelişiminde önemli bir rol oynar.

1.1. Mekân ve Aidiyet

Mekân ve aidiyet, insanların kendilerini bir yere veya topluluğa bağlı hissetmeleriyle ilgili derin bir ilişkiyi ifade eder. Aidiyet, bireylerin bir grup, kültür veya yerle olan duygusal bağlarını ve bu bağların getirdiği kimlik hissini kapsar. Aidiyet, bireylerin çeşitli aktiviteler, fiziksel etmenler ve deneyim kazandıkları mekânlar ile aralarında kurdukları karşılıklı etkileşimler şeklinde tanımlanmaktadır. Mekân ise bu aidiyetin somut bir ifadesidir. Mekânsal aidiyet kısaca belirli bir çevreye karşı gelişen duygusal bağ olarak açıklanabilir.

Bir mekân, insanların anılarını, deneyimlerini ve duygularını barındırır. Örneğin, bir çocukluk evi, birey için sadece bir yapı değil, aynı zamanda geçmişin, aile bağlarının ve anıların bir

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

parçasıdır. Bu tür mekânlar, bireylerin kendilerini güvende hissetmelerine ve kökleri ile bağ kurmalarına yardımcı olur. Bireyin bir mekâna kendini ait hissetmesi oranın fiziksel yapısından daha çok kültürel boyutu ile ilgilidir. Aynı kültürdeki insanların genellikle dini, dili, giyimi kuşamı benzerlik gösterir, bu durum da insan "kendinden" olan "kendi gibi olan" insanların içinde kendini oraya daha çok ait hisseder ve duygusal bir bağ kurar (Bardakçı, 2022).

Aynı şekilde, bir şehir veya mahalle de aidiyet duygusunu pekiştirebilir. İnsanlar, yaşadıkları yerin kültürü, tarihi ve toplumsal yapısıyla özdeşleşirler. Bu bağlamda, yerel etkinlikler, gelenekler ve topluluk aktiviteleri, bireylerin o mekâna olan bağlılıklarını artırır.

Mekân ve aidiyet ilişkisi, göç, yer değiştirme veya sosyal değişim gibi durumlarda da önemli rol oynar. Yeni bir yere taşınmak, bazen aidiyet duygusunu zayıflatabilir; ancak zamanla yeni mekânlar da bireyler için anlam kazanabilir. Aidiyet duygusu, yere ve mekâna bağlılık; yer, mekân, zaman, yaşantı, anılar, aktiviteler, sosyal ilişkiler, psiko-sosyal gereksinimler, kimlik, simge ve semboller gibi bileşenler ve bütünde bireyin çevresine karşı geliştirdiği algı ile ilişkili olarak gelişmektedir (Çolak, 2017).

2.2. Mekân ve İyi Oluş İlişkisi

Mekân ve iyi oluş ilişkisi, bireylerin fiziksel çevrelerinin, ruhsal ve duygusal sağlıkları üzerindeki etkisini ifade eder. İyi oluş, genel anlamda bireylerin fiziksel, zihinsel ve sosyal açıdan sağlıklı ve tatmin edici bir yaşam sürmelerini içerir. Mekânlar, bu iyi oluşu destekleyen veya engelleyen unsurlar barındırabilir. Mekân ve iyi oluş arasındaki ilişki çok yönlüdür ve mekânsal özellikler açısından aşağıdaki başlıklar altında özetlenebilir:

Fiziksel mekân: Fiziksel ortamın tasarımı ve düzeni, ister ev, iş yeri ya da kamusal alan olsun, iyilik halini önemli ölçüde etkileyebilir. Konfor, güvenlik ve erişilebilirliği teşvik eden mekânlar, güvenlik ve mutluluk hissine katkıda bulunur.

Doğa ve Yeşil Alanlar: Doğayla iç içe olan mekânlar, insanların stres seviyelerini azaltabilir ve ruh hallerini iyileştirebilir. Bir şehirdeki parklar, bahçeler veya doğal alanlar, insanların sosyalleşmesi ve dinlenmesi için önemli alanlardır. Araştırmalar, doğada zaman geçirmenin kaygıyı azalttığını ve genel mutluluğu artırdığını göstermektedir. Bu tür mekânlar, bireylerin stres atmasına, arkadaşlarıyla vakit geçirmesine ve doğayla bağlantı kurmasına olanak tanır.

Mekân tasarımı: İç mekânların düzeni, aydınlatması ve renkleri, iç mekân ögelerinin konforu, bireylerin ruh hali üzerinde önemli bir etkiye sahiptir. Örneğin, doğal ışık alan, ferah ve sıcak renklerle dekore edilmiş bir alan, insanların kendilerini daha iyi hissetmelerine yardımcı olabilir. Ayrıca, sosyal etkileşimleri teşvik eden mekânlar, topluluk bağlarını güçlendirerek iyi oluşu artırabilir.

Kültürel ve Sosyal Mekânlar: Kültürel çeşitliliği yansıtan ve kapsayıcı sosyal etkileşimleri destekleyen alanlar, aidiyet duygusunu ve toplum uyumunu teşvik edebilir, bireylerin sosyal bağlantılar kurmasına ve topluluk hissini geliştirmesine olanak tanır. Bu tür etkileşimler, yalnızlık hissini azaltır ve bireylerin kendilerini daha iyi hissetmelerine katkıda bulunur. iyi oluş hali, bireylerin zihinsel ve duygusal sağlığı için önemlidir.

Kişisel Alan-Kişisel Mekân: Yeterli kişisel alanın bulunması, gizlilik ve özerklik için çok önemlidir; bu unsurlar zihinsel sağlık için gereklidir. Bireylerin kendilerine ait alanlar

bireylerin kendilerini ifade etmelerine ve rahatlamalarına olanak tanırken Aşırı kalabalık ortamlar strese ve kaygıya yol açabilir. İyi tanımlanmış kişisel alanlar ve kişisel mekânlar kontrol ve konfor hissini artırabilir, bireylerin stresle başa çıkmalarına ve yaratıcılıklarını geliştirmelerine de yardımcı olabilir.

Zihinsel Alanlar: Düzenli, dağınıklıktan uzak ortamlar daha iyi odaklanmaya ve daha az kaygıya yol açarak zihinsel sağlığı ve duygusal refahı artırır.

İş Ortamı: Çalışma alanının tasarımı, aydınlatma, düzen ve gürültü seviyesi gibi unsurlar, çalışanların verimliliğini, ekip içi iletişimi ve iyilik halini etkileyebilir.

Mekân ve iyi oluş arasındaki etkileşim, güvenlik, erişilebilirlik, bağlanma ve huzuru teşvik eden ortamlar yaratmayı içerir; bunların her biri aynı zamanda daha yüksek bir yaşam kalitesine katkıda bulunur.

2. ARAŞTIRMANIN KURGUSU

Bu araştırmada Bartın ili, Merkez İlçesi, Kemerköprü Mahallesinde yaşayan toplam 20 kadından oluşan komşuluk grubunun buluşma mekânı olarak kullandıkları kafede iyi oluş durumları araştırılmıştır. Araştırma insanların algıları, duygu ve düşünceleri gibi öznel verilere dayandığından nitel araştırma yöntemi kullanılmıştır. Bu kapsamda, yarı yapılandırılmış görüşmeler yapılmış, kafe mekânı ile kadınların öznel iyi oluş durumları arasındaki ilişki irdelenmiştir. Sosyal olguları bağlı oldukları sosyal çevre içerisinde araştırmayı ve anlamayı planlayan bir araştırma yöntemi olarak tanımlanan nitel araştırma, araştırmaya katılan kişilere açık-uçlu sorular sorulduğu ve konuşma yöntemlerini kullanarak veri toplayan bir araştırma yöntemi olarak ifade edilebilir. Nitel araştırmalar, insanların günlük yaşamlarını nasıl yapılandırıp anlam verdiklerinin keşfedilmesine olanak sağlar (Berg and Lune, 2019).

Araştırmada aşağıdaki soruların yanıtları aranmıştır:

- İyi oluş hali mekânın özelliklerine mi bağlıdır?
- İyi oluş halini birlikte olunan kişiler etkiler mi?
- Mekân iyi oluş halinin bir aracı mıdır?
- İyi oluş hali mekândan bağımsız mıdır?

2.1. Araştırma Grubunun Özellikleri

Bu araştırmada görüşülen mahalle sakinleri Kafe Granada'da en az ayda bir kez buluşan toplam 20 kadından oluşmaktadır. Araştırma grubunu oluşturan kadınların yaşları 55 ile 85 arasında olup ikamet ettikleri konutlar Kafe Granada ile aynı sokak üzerinde bulunmaktadır. Birbirleriyle uzun yıllara dayanan komşuluk ilişkisi vardır. 11 kadın doğduğundan beri, 9 kadın evlenerek mahalleye geldiğinden beri aynı evde oturmaktadır. Toplam 17 konutta ikamet edilen evlerin 8 adeti müstakil bahçeli evdir. Araştırma grubundaki kadınların bir başka ortak özelliği; eşlerinin vefat etmesi nedeniyle dul kalmış, evlenmemiş ya da boşanmış olmalarıdır.

Ülkemizde küçük ölçekli yerleşmelerde olduğu gibi Bartın'da da kadın buluşmaları eskiden beri yaygın bir sosyalleşme aracıdır. Evlerde yapılan ve sıra adı verilen bu buluşmalar için

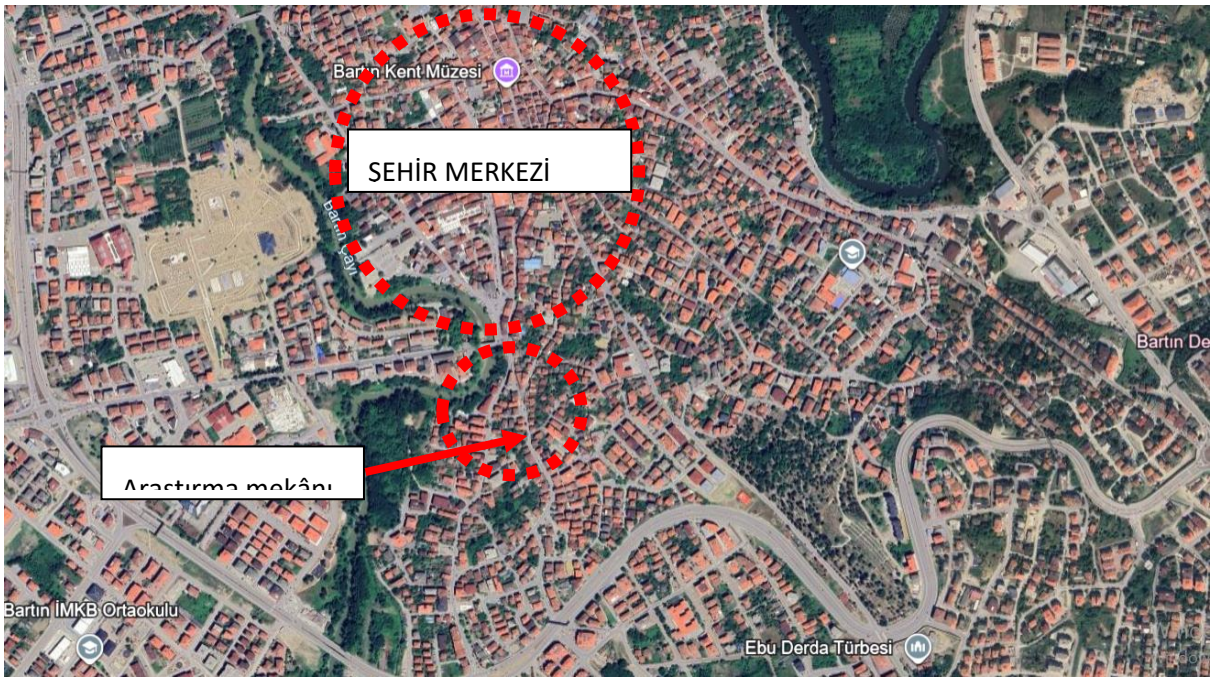
ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

özellikle pandemi sürecinden sonra dış mekânlar ve kamusal alanlar cazip hale gelmiştir. Küresel ölçekte yaşanan COVID-19 salgını sürecinde gündelik yaşam yoğunluklu olarak evlerde geçmiş, bireyin gündelik yaşamında önemli karşılaşma noktaları olarak nitelendirilen kamusal mekânların kısıtlanması, sokakların kullanılmasına, sokakların kısıtlanması ise insanların kendilerine 'nefes alacak' yeni yerler aramasına neden olmuştur (Tekçe, 2021).

Kamusal mekânların en önemli özelliği; insanların başkalarını görme, duyma, başkalarıyla konuşma, etkileşim ve iletişim içerisinde bulunma, çevresinde yaşanan hayatların/süreçlerin farkına varma olanağını bulmalarıdır. İnsan, doğası gereği başkalarıyla beraber olma eğilimindedir ve bu eğilim mekân seçimlerine de yansımaktadır (Kahraman, 2019). Yaş, cinsiyet, ırk vb. özelliklerinden bağımsız olarak insan yalnız kalma ve tefekkür ihtiyaçlarının haricinde genel itibariyle başkalarıyla çeşitli temaslar kurabileceği mekânları tercih etmektedir. Bartın'daki kadın buluşmalarında da özel mekânlar yerine restoran ya da kafe gibi kamusal hizmet mekânları tercih edilmektedir.

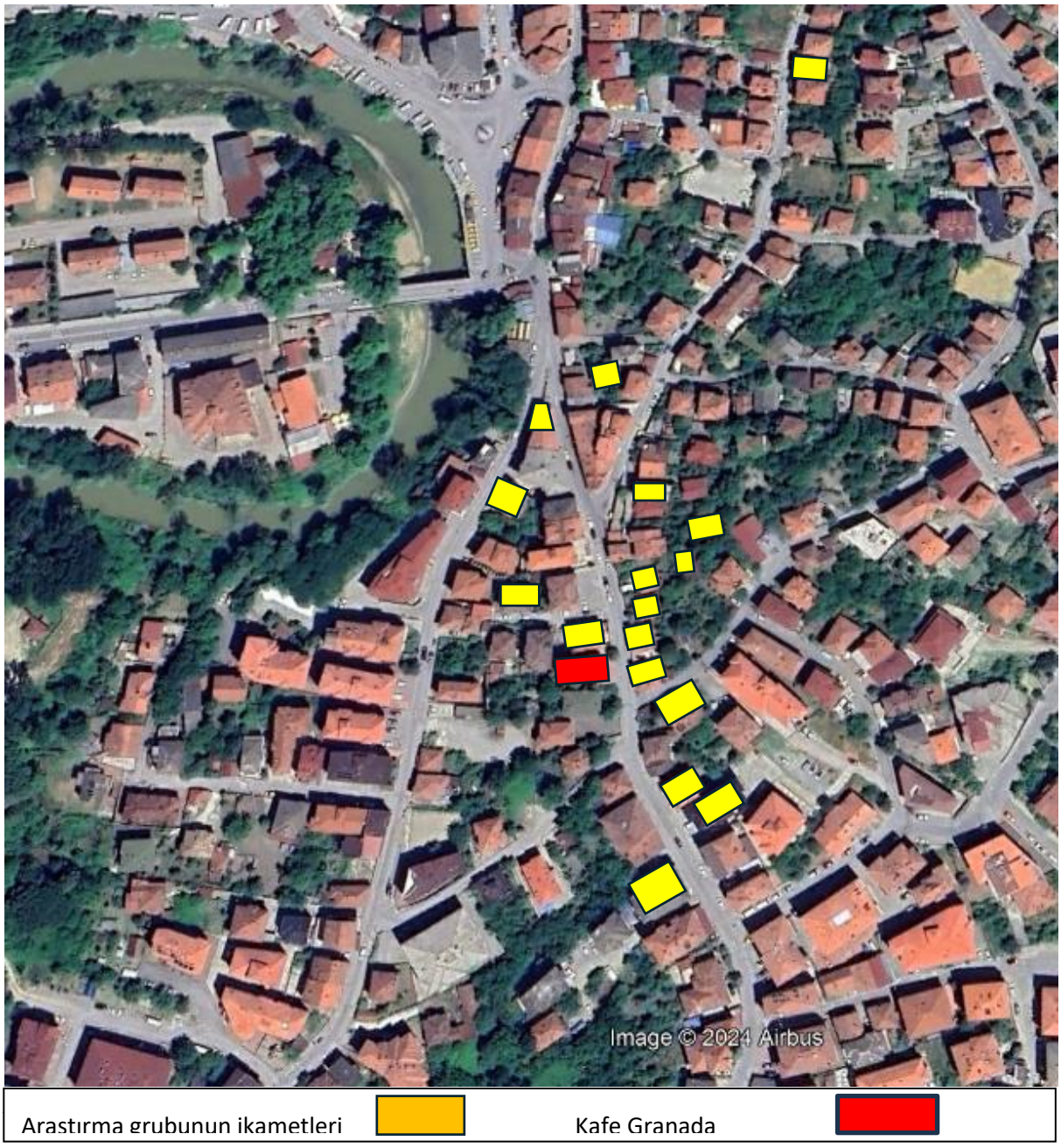
2.2. Araştırma Mekânı: Kafe Granada

Kafe Granada, Bartın merkez ilçe sınırları içerisinde, şehir merkezinde ancak, yoğun ticari merkezin dışında konut alanları ile çevrili bir bölgede bulunmaktadır (Görsel 1). Konut alanları ile ticari merkezdeki çarşıya pazara geçiş aksı üzerinde bulunmaktadır. Yoldan geçenlerin uğradığı bir kafe mekânı olmaktan daha çok yakın çevrede ikamet eden ve birbirleri ile arkadaşlık, dostluk, tanıdık ilişkisi olan kadınların uğradığı, birkaçının her zaman buluştuğu, araştırma grubunu oluşturan 20 kadının da en az ayda bir kez toplu halde bir araya geldiği bir mekândır.



Görsel 1. Bartın Şehir Merkezine Göre Araştırma Mekânının Konumu, 2024

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



Görsel 2. Kafe Granada ve Araştırma Grubunun İkametlerinin Konumu, 2024



Görsel 3. Mahalle Sakinlerinin Kafe Granada'da Buluşma-Eğlenme Anları, 2024



Görsel 4. Mahalle Sakinlerinin Kafe Granada Avlusunda Buluşma-Eğlenme Anları, 2024

2.3. Araştırma Soruları

Araştırma grubuna ilk olarak yöneltilen sorular; yaş aralıkları, eğitim durumları, meslekleri, aynı mahallede ve aynı sokakta ikamet süreleri ve Kafe Granada'ya uğrama sıklıklarına ilişkin sorulardan oluşmaktadır.

2.3.1. Kişisel Sorular

Çizelge 1. Yaş Aralıkları

Yaş aralığı	Sayı	Oran %
51-60	4	20
61-70	4	20
71-80	11	55
80+	1	5

Araştırma grubunun %55'i 71-80 yaş aralığında, %20'si 61-70 yaş aralığında, %20'si 51-60 yaş aralığında ve %5'i 80 yaş üstündedir (Çizelge.1).

Çizelge 2. Eğitim Durumları

Eğitim durumu	Sayı	Oran %
İlkokul	5	25
Ortaokul	7	35
Lise	5	25
Üniversite	1	5
Y.Lisans/Doktora	2	10

Araştırma grubunun %25'i ilkokul, %35'i ortaokul, %25'i lise, %5'i üniversite, %10'u lisansüstü eğitim almıştır (Çizelge.2).

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

Çizelge 3. Meslekler

Meslek	Sayı	Oran %
Ev hanımı	15	75
Emekli	3	15
Memur	1	5
Serbest Meslek	1	5

Araştırma grubunun %75'i ev hanımı, %15'i emekli, %5'i memur ve %5'i de serbest meslek sahibidir (Çizelge.3).

Çizelge 4. Aynı mahallede ve aynı sokakta ikamet süreleri

İkamet süresi	Sayı	Oran %
30-40 yıl	1	5
41-50 yıl	2	10
51-60 yıl	3	15
61-70 yıl	8	40
71-80 yıl	6	30

Araştırma grubunun %5'i 30-40 yıl, %10'u 41-50 yıl, %15'i 51-60 yıl, %40'ı 61-70 yıl, %30'u ise 71-80 yıldan beri aynı mahallede ve aynı sokakta ikamet etmektedir (Çizelge.4).

Çizelge 5. Kafe Granada'ya uğrama sıklığı

Uğrama sıklığı	Sayı	Oran %
Her gün	1	5
Haftada birkaç kez	6	30
Haftada bir kez	1	5
Ayda birkaç kez	2	10
Ayda bir kez	10	50

Araştırma grubunun %50'si ayda bir kez, %30'u haftada birkaç kez, %10'u ayda birkaç kez, %10'u haftada bir kez ve %10'u her gün Kafe Granada'ya uğramaktadır (Çizelge.5).

3. ALT TEMALAR ÇERÇEVESİNDE YANITLARIN DEĞERLENDİRİLMESİ

Araştırma grubunun mekânda iyi oluş durumları ana temasını destekleyen alt temalar sosyalleşme, bireysellik, hizmet alma, erişim kolaylığı, mekânsal konfor, aidiyet/güvenlik olarak belirlenmiştir. Belirlenen alt temalar çerçevesinde araştırma grubuna sorular yöneltilmiş, verilen yanıtlara göre nihai kodlar oluşturulmuştur. (Çizelge.6).

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

Çizelge 6. Tematik Analiz Çizelgesi

Tema	Alt temalar	Nihai Kodlar
Mekânda İyi Oluş	**1.** Sosyalleşme	1.1. Buluşma/Toplanma
		1.2. Sohbet/Muhabbet etme
		1.3. Tombala oynamak
		1.4. Sosyal çevre edinme
	2. Bireysellik	2.1. Dinlenmek
		2.2. Rahatlık
		2.3. Kendine vakit ayırma
	3. Hizmet alma	3.1. Çay/kahve içmek
		3.2. Yemek yemek
	4. Mekânsal konfor	4.1. İç mekân tasarımı
		4.2. İç mekân konforu
		4.3. Mekânsal genişlik
		4.4. Mekânsal ferahlık
		4.5. Dış mekân (avlu)
	5. Erişim kolaylığı	5.1. Eve yakınlık
		5.2. Yaya erişimi
	6. Aidiyet/Güvenlik	6.1. Sakinlik
		6.2. Farklı kullanıcıların olmayışı
		6.3. Mekânı kendine ait hissetme

3.1. Sosyalleşme

Araştırma grubuna yöneltilen "buraya geliş amacınız nedir?" sorusuna verilen yanıtlar ağırlıklı olarak "komşularımla birlikte olup eğlenmek, hoş vakit geçirmek" şeklindedir.

"Komşular ve akrabalarla buluşmak, Bartın'a has yemeklerinden yemek ve samimiyet" (K20, 2024).

"Eğlenmek, komşularımla beraber olmak, onlarla beraber olmayı çok seviyorum" (K19, 2024).

"Komşularla buluşmak ve çarşıdan gelirken dinlenmek" (K8, 2024).

Geliş amacının yanı sıra mutlu olunduğu da ifade edilmiştir.
"Tombala oynuyoruz, eğleniyoruz, burada çok mutluyuz" (K18, 2024).

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

Eylemden ziyade mekânı öne çıkarmak için "Burayı sizin için cazip kılan nedir?" sorusuna verilen yanıtlarda da buluşma beraberlik vurgulanmaktadır.

"Beraberlik, muhabbet, burada buluştuğumuz için" (K19, 2024).
"Komşularımızla buluşuyoruz" (K18, 2024).
"Birlikte olmak, birlikte vakit geçirmek" (K1, 2024).
"Komşularla birlikte vakit geçirmek" (K2, 2024).
"Arkadaş ve komşularla beraberlik" (K9, 2024).

3.2. Bireysellik

Araştırma grubuna yöneltilen "burada hangi aktiviteleri gerçekleştiriyorsunuz?" sorusuna verilen yanıtlar ağırlıklı olarak "çay -kahve içmek, yöresel yemekler, toplantı, tombala oynamak" şeklindedir.

"Çay içmek, sohbet etmek, tombala oynamak, komşularla iyi vakit geçirmek" (K9, 2024).
"Çay içmek, arkadaşlarla buluşma, bir de evime yakın olması nedeniyle bulunmaz kafe" (K7, 2024).
"Ofisten eve dönerken soluk almak için uğruyorum, çay-kahve içiyorum, komşulardan birisi varsa görüşüyoruz, ayda bir kez de büyük grup olarak toplanıyoruz" (K4, 2024).
"Çarşıdan pazardan dönüşte soluklanıyorum, bir bardak çay içiyorum, bizden birisi varsa oturuyoruz" (K1, 2024).

İş kadını olan katılımcı, bireysel gereksinim ve eve yakın oluşu nedeniyle de kafeye sıklıkla uğramaktadır. Şehir merkezindeki çarşıya ve pazara gidenler de eve dönüşte dinlenmek için uğramaktadır. Ancak uğrayanların hepsinde grubun diğerlerinden birini görme motivasyonunun da bulunduğu görülmektedir.

3.3. Hizmet alma

Araştırma grubuna yöneltilen "buradan hangi hizmetleri alıyorsunuz?" sorusuna verilen yanıtlar ağırlıklı olarak "çay -kahve içmek, yöresel yemekler, toplantı, tombala oynamak" şeklindedir.

"Çay içiyoruz, yemek yiyoruz, sobanın üzerinde çay demleniyor" (K9, 2024).
"Çay içmek, arkadaşlarla buluşma, bir de evime yakın olması nedeniyle bulunmaz kafe" (K7, 2024).
"Ofisten eve dönerken soluk almak için uğruyorum, çay-kahve içiyorum, komşulardan birisi varsa görüşüyoruz, ayda bir kez de büyük grup olarak toplanıyoruz" (K4, 2024).

İş kadını olan bir katılımcı, bireysel gereksinim ve eve yakın oluşu nedeniyle de kafeye sıklıkla uğramaktadır.

"Evde çay demleyeceğime buraya gelip bir bardak çay içiyorum, çayı çok güzel, değişiklik oluyor, bazen bir arkadaşa rastlıyorum" (K8, 2024).

Ev kadını olan bir katılımcı evine yakın olan kafede her an çay içme olanağının olmasından yararlanmaktadır.

3.4. Erişim Kolaylığı

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

"Burayı sizin için cazip kılan nedir?" sorusuna verilen yanıtlar yine arkadaş ve komşularla beraber olmak şeklinde ifade edilmiştir. Ayrıca, evlere yakın oluşu da ifade edilmiştir.

"Evden fazla uzaklaşmadan her zaman gelebilmek" (K5, 2024).
"Arkadaşları görmek, muhabbet ortamı, ayrıca tek başıma da gelip çay içip dinlenebileceğim bir yer" (K8, 2024).

Erişim kolaylığı dışında, bireysel vakit geçirme ve hizmet alma kolaylığına da vurgu yapılmıştır.

3.5. Mekânsal Konfor

"Burası sizin için konforlu mu?" sorusuna verilen yanıtlar genellikle rahat olduğuna ilişkindir.

"Mütevazi ve rahat" (K8, 2024).
"Estetik değil ama rahat" (K6, 2024).
"Evet çok rahat ve ferah" (K5, 2024).
"Fena değil, koltuklar rahat" (K12, 2024).
"Her şey çok güzel, rahat ve huzurlu" (K3, 2024).
"Burada birbirimizle rahat hareket ediyoruz ve nostalji yaşıyoruz. Salon ferah, büyük, soba da yanıyor, üstünde çayımız demleniyor" (K20, 2024).

Mekânın estetik olup olmadığı grubu çok fazla ilgilendirmemektedir. Bir araya geldiklerinde uzun saatler boyunca oturulduğundan koltukların rahat olması grup için yeterlidir. Rahatlığı ifade ederken mekânın evlere yakınlığına da vurgu yapılmıştır.

"Evet bizim yaş grubumuz uzak yerlere gidemiyoruz, burada çok rahatız" (K18, 2024).

3.6. Aidiyet/Güvenlik

"Burası sizde hangi duyguları pekiştiriyor? (aidiyet, güvenlik vs.)" sorusuna verilen yanıtlar çoğunlukla güvenlik olarak ifade edilmiştir, aidiyet duygusunu ifade edenler de vardır. Mekânın bireysel aidiyetinden ziyade gruplarına ait oluşuna vurgu yapılmıştır.

"Burada kendimi çok rahat hissediyorum, bize ait bir mekân, yabancı yok" (K19, 2024).
"Mekân bizim, bize özel" (K16, 2024).
"Burada eski komşuluk gelenek ve kültürümüzü pekiştiriyoruz" (K20, 2024).
"Güvenli burası, bizden başka kimse yok, bize ait" (K2, 2024).
"Burası bize ait gibi, güvenli" (K5, 2024).
"Burayı bize ait hissediyorum, çok güvendeyim" (K10, 2024).
"Gençliğimdeki eski samimiyeti, güzel duyguları yaşıyorum" (K11, 2024).
"Büyüklerimizin öğütlerini dinlemek, sohbetlerini dinlemek çok güzel" (K3, 2024).

Sorulara verilen yanıtlarda sıklıkla birliktelikten duyulan mutluluğa, iyi oluş haline vurgu yapılmıştır.

"Biz burada rahatız, birbirimizi tanıdığımız büyüklerimiz, arkadaşlarımız, onun için çok seviyorum" (K12, 2024).

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

Ayrıca, "Burada kendinizi iyi hissediyor musunuz?" sorusuna araştırma grubunun tümü iyi hissettikleri yanıtını vermiştir. İnsanların uzun yıllara dayanan, komşuluk, arkadaşlık ilişkisi, birlikte oldukları zaman içerisinde kendilerini iyi hissetmelerinin başlıca nedenidir.

"Burası Bartın'ın en eski mahallelerinden ve eski (köklü) ailelerinden, beş altı aile bir aile gibi yaşardık, her şeyi paylaşırdık, onlarla bir araya gelmek, eski günlerimizi yad etmek bize iyi geliyor" (K20, 2024).
"Burada kendimi çok rahat, huzurlu hissediyorum" (K3, 2024).
"Çok iyi hissediyorum" (K5, 2024).
"İyi hissediyorum, beraberliği çok seviyorum" (K19, 2024).
"Komşularımla birlikte çok iyi hissediyorum" (K1, 2024).
"Çok mutlu oluyoruz" (K16, 2024).
"Burada hoş sohbet ediyoruz" (K18, 2024).

Bu araştırmada 20 kadının Kafe Granada'da iyi oluş durumlarına ilişkin olarak aşağıdaki sonuçlara ulaşılmıştır:

- İyi oluş hali mekânın özelliklerine çok bağlı değildir.
- İyi oluş halini birlikte olunan kişiler etkilemektedir.
- Mekân iyi oluş halinin bir aracıdır.
- İyi oluş hali mekândan bağımsız sayılır.

4. GENEL DEĞERLENDİRME VE SONUÇLAR

Mekân ve bireylerin iyi oluş ilişkisinde kişinin mekânda bulunma amacından bağımsız olarak mekânsal özelliklerin çok olumlu etkileri olduğu söylenebilir. Bu araştırmada irdelenen mekân ve iyi oluş ilişkisinde ise; mekânsal özelliklerin de payı olmakla birlikte, mekândan bağımsız olarak kişilerin bir araya gelme amacı, kimlerle bir araya geldiği, aralarındaki komşuluk ve arkadaşlık ilişkisinin en önemli etken olduğu tespit edilmiştir.

Araştırma grubunun komşuluk ilişkileri, mahalleli kimliği, dayanışma gibi bileşenlerin önemli olduğu geleneksel mahalle kültürüne sahip bireylerden oluşması nedeniyle iyi oluş durumlarında temel faktörün birbirleri ile bir araya gelme eylemi olduğu ve buluşma mekânı olarak seçtikleri Kafe Granada'nın bir araç olduğu sonucuna varılmaktadır. Ancak, evlerine yakın olan kafeye erişim kolaylığı ve toplandıkları zaman kendilerinden başka grup dışından kimsenin olmayışının da aidiyet ve güvenlik duygularını pekiştirdiği, kendilerini rahat ve güvende hissetmeleri, yaz aylarında da kafenin serin ve ferah dış mekânında oturma olanağının olması nedeniyle buluşma, sosyalleşme ve eğlenme mekânı olarak cazip buldukları söylenebilir.

KAYNAKLAR

1. Aygenç, B., Kullanıcı Açısından Mekân Aidiyeti ve Yaşam Çevresinin Psikolojik Etkilerinin Samanbahçe Konutları Örneğinde İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Yakın Doğu Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Lefkoşa, 2020.

2. Ayhan, D., *Mekânsal Aidiyet Mekân Sosyolojisine Yeni Bir Bakış,* Çizgi Kitabevi, 2022.

3. Bardakçı, M. Ö., *Yaşlılarda Mekân Aidiyeti Yaşlılık ve Mekân İlişkisinin Sosyolojik Analizi.* Çizgi Kitabevi, İstanbul, 2022.

4. Berg, B.L., Lune, H., *Sosyal Bilimlerde Nitel Araştırma Yöntemleri,* 9.Baskıdan Çeviri, Çev: Asım Arı, Eğitim Yayınevi, 2019.

5. Çolak, S.G., Mekân-Kimlik Etkileşimi: Kavramsal ve Kuramsal Bir Bakış, Manas Sosyal Araştırmalar Dergisi, 6(1): 13-37, 2017.

6. Gramegna, S.M., Ciancia, M., *Human-space relationships as narrative processes for inclusivity,* Academia Press, Ghent, 2023.

7. Kayalı, S., *Mekân Sosyolojisi Bağlamında Kitap Kafelerin İnsan ve Mekân Etkileşimi Açısından İncelenmesi: Ankara Örneği,* Yüksek Lisans Tezi, Marmara Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul, 2021.

8. Kahraman D., M. Kamusal alanın dönüşümü ve kentsel mekânın iletişimsel niteliği üzerine düşünmek, Planlama, 29(3):195–201, 2019.

9. Lefebvre, H. *The production of space.* Oxford&Cambridge: Blackwell, 1991.

10. Tekçe, Ö. Pandemi Sürecinde Yeniden Anlam Kazanan Kamusal Mekân ve Toplumsal İlişkiler, İDEALKENT(COVID-19 Sonrası Kentsel Kamusal Mekânların Dönüşümü), 12: 46-70, 2021.

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

PANDEMİ SONRASI YENİ DÜNYA DÜZENİNDE MAHALLENİN ÖNLENEMEZ YÜKSELİŞİ

Prof. Dr. Selma ÇELİKYAY
Bartın Üniversitesi, Mühendislik, Mimarlık ve Tasarım Fakültesi
scelikyay@bartin.edu.tr - 0000-0001-7482-9901

Arş. Gör. Dr. Rukiye Gizem ÖZTAŞ KARLI
Bartın Üniversitesi, Mühendislik, Mimarlık ve Tasarım Fakültesi
roztas@bartin.edu.tr - 0000-0003-0999-418X

ÖZET

Dünyanın çoğu kentini esir alan küresel salgın sürecinde, kent sağlığı ve kamu sağlığı açısından planlama alanında paradigma değişikliğine ihtiyaç olduğu ortaya çıkmıştır. Çin'den başlayarak, ortak gezegenimizdeki insan yerleşmelerinin çoğunu etkisi altına alan COVID-19 pandemisi sonrası yeni dünya düzeninde bireylerin ve toplumun yaşam biçimi ve dolayısıyla kentsel mekânı kullanma şekilleri değişmektedir. Toplum için yaşanılır kentsel mekân üretimini amaçlayan planlama biliminde de yeni bakış ve yaklaşımlar geliştirmenin gerekliliği önem taşımaktadır. Topluma ve doğaya karşı sorumluluğu olan plancıların kamu yararı ve doğa koruma temelinde güvenli, dirençli, yaşanılır kentsel mekân üretimi sürecinde yerel düzeyde dirençli, dayanıklı ve yaşanılır bir kent yaklaşımı için birey odaklı, kamusal fayda odaklı ekolojik değerleri koruyan, her ölçekte sağlık hizmetini sağlayan, nitelikli kamusal alan hiyerarşisi oluşturan bir planlama yaklaşımı gerekir. Kompakt yerleşim modelleri kentlerin direncini artıracak bir gelişim modeli olabilir mi? Yoğunlaştırılmış kent örüntüsü sürdürülebilir kent modeli olarak öngörülmektedir. Çevre büyümesi denetimli, sınır ilişkileri tanımlı, erişimi denetimli küçük ölçekli yerleşmeler daha dirençli bir performans sergileyebilir. Bu bağlamda, kentsel mekân hiyerarşisinde mahalle, üzerinde durulması ve kendi kendine yeten, sakinlerinin gıda ve su güvenliğini sağlayacak şekilde geliştirilmesi gereken birimler olarak karşımıza çıkmaktadır. Kentleşmenin, kalabalıklaşmanın, kentsel kaosun önlenemeyen artışı karşısında insan yerleşmelerinin geleceği için şimdi, yaşam kalitesi vadeden mahallenin önlenemez yükselişinin zamanıdır. Bu bildiride, kendine yeten bir mahalle modelini oluşturacak temel yaklaşımlar ve bileşenler sunulmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Mahalle, planlama, kendine yeten mahalle modeli.

ABSTRACT

During the global pandemic that has gripped most cities in the world, it has become clear that there is a need for a paradigm shift in planning in terms of urban health and public health. In

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

the new world order following the COVID-19 pandemic, which has affected most of the human settlements on our common planet, starting from China, the lifestyle of individuals and society, and therefore the way they use urban space, is changing. The necessity of developing new perspectives and approaches is also important in planning science, which aims to produce livable urban spaces for society. In the process of producing safe, resilient, livable urban spaces based on public interest and nature protection by planners who are responsible to society and nature, a planning approach that is individual-oriented, public benefit-oriented, protects ecological values, provides health services at all scales, and creates a hierarchy of qualified public spaces is required for a resilient, durable, and livable city approach at the local level. Can compact settlement models be a development model that will increase the resilience of cities? The dense urban pattern is envisaged as a sustainable urban model. Small-scale settlements with controlled environmental growth, defined border relations, and controlled access can exhibit a more resilient performance. In this context, neighborhoods appear in the urban space hierarchy as units that need to be focused on and developed to be self-sufficient and to ensure the food and water security of their residents. In the face of the unstoppable increase in urbanization, crowding, and urban chaos, now is the time for the unstoppable rise of the neighborhood that promises quality of life for the future of human settlements.In this paper, the basic approaches and components that will create a self-sufficient neighborhood model are presented.

Keywords: Neighbourhood, Planning, Self-sufficient neighbourhood model.

1. GİRİŞ

COVID-19 pandemisi, yalnızca sağlık sistemlerini değil, aynı zamanda kent yaşamını ve mekânsal düzenlemeleri de derinden etkilemiştir (Akdağ, 2023; Albayrak ve Emür, 2024; Öztaş Karlı ve Çelikyay, 2020; Tekçe, 2021). Küresel düzeyde şehirlerin yoğun nüfus yapıları, yetersiz altyapı sistemleri ve toplu taşıma gibi unsurlar, pandeminin etkilerini artırmış ve bireylerin yaşam biçimlerini değiştirmeye zorlamıştır (Albayrak ve Emür, 2024; Barutçu, 2023; Sipahi, 2020; Varol ve Öksüz, 2021). Bu süreçte, kentlerdeki aşırı yoğunluk ve fiziksel mesafenin korunamaması, daha küçük ölçekli ve yerel düzeyde sürdürülebilir mahallelerin önemini ortaya koymuştur (Öztaş Karlı ve Çelikyay, 2020).

Pandemi süreci, bireylerin günlük yaşamlarını ve mekân kullanım alışkanlıklarını yeniden şekillendirmiştir (Albayrak ve Emür, 2024; Soydan 2022; Tekçe, 2021). Toplu taşımanın daha az tercih edilmesi, açık alanlara duyulan ihtiyacın artması ve yerel hizmetlere erişim kolaylığı gibi yeni gereksinimler, mahalle ölçeğinde tasarım yaklaşımlarını ön plana çıkarmıştır (Çelikyay ve Öztaş, 2019; Ünal ve Erol, 2020). Bu bağlamda, "kendi kendine yeten mahalle" konsepti, bireylerin temel ihtiyaçlarını karşılayabilecek, çevresel sürdürülebilirliği destekleyen ve toplumsal dayanışmayı teşvik eden bir model olarak karşımıza çıkmaktadır.

Literatürde "kendi kendine yeten mahalle" kavramı, doğrudan bu isimle anılmasa da benzer özelliklere sahip kentsel planlama yaklaşımları ve yerleşim modelleri ile ilişkilendirilebilir. Özellikle modern şehircilik anlayışında yer alan "15 Dakikalık Şehir" modeli, bu kavrama yakın bir perspektif sunmaktadır. 15 Dakikalık Şehir yaklaşımı, sakinlerin temel ihtiyaçlarını kısa

mesafelerde karşılayabilmesini hedeflerken, toplumsal dayanışmayı ve çevresel sürdürülebilirliği ön planda tutmaktadır (Moreno et al., 2020; Sisson, 2020). Bu model, bireylerin çalışma, eğitim, sağlık, alışveriş ve rekreasyon gibi ihtiyaçlarını kolayca karşılayabilmesi için mahalle ölçeğinde tasarlanmıştır (Allam & Jones, 2020).

Kendi kendine yeten mahalle kavramı, genellikle sürdürülebilirlik, dayanıklılık ve yerel bağımsızlık gibi ilkelerle örtüşen bir anlayışa sahiptir. Bu kavramın temelleri, modern sürdürülebilirlik yaklaşımları ve mahalle bazlı planlama modellerinden esinlenerek şekillenmiştir (Sisson, 2020). Bu çalışmada, "kendi kendine yeten mahalle" kavramı, mevcut literatürdeki benzer modellerden hareketle, mahallelerin sürdürülebilir, dayanıklı ve toplumsal dayanışmayı güçlendiren bir yaşam alanı olarak yeniden tanımlanmıştır.

Pandemi, mevcut kentsel planlama paradigmasını sorgularken, mahallelerin sürdürülebilir ve dayanıklı bir yaşam birimi olarak yeniden değerlendirilmesi gerektiğini göstermiştir. Mahalle ölçeğinde sağlanabilecek yerel ekonomi, gıda güvenliği, enerji verimliliği, sosyal dayanışma ve ulaşım gibi unsurlar, yalnızca pandemi sırasında değil, gelecekte karşılaşılabilecek diğer krizlerde de dayanıklılığı artırma potansiyeline sahiptir. Bunun yanı sıra, çevre üzerindeki baskıyı azaltmak ve karbon ayak izini küçültmek için de mahalle ölçeğinde sürdürülebilirlik yaklaşımları önem kazanmaktadır.

Bu çalışmada, pandemi sonrası yeni dünya düzeninde mahallelerin kentsel planlama açısından neden öncelikli hale geldiği tartışılmakta ve kendi kendine yeten mahalle modelinin bir çözüm olarak nasıl uygulanabileceği ele alınmaktadır. Çalışmanın ilerleyen bölümlerinde, sürdürülebilir bir yaşam modeline uygun olarak tasarlanmış bir "kendi kendine yeten mahalle" önerisi ve bu modelin temel bileşenleri detaylandırılmaktadır. Pandemiyle birlikte ortaya çıkan bu yeni tasarım gereksinimi, yalnızca mevcut kentsel sorunlara çözüm sunmakla kalmayacak, aynı zamanda geleceğin dayanıklı ve yaşanabilir kentlerinin temelini oluşturacaktır.

2. KENDİ KENDİNE YETEN MAHALLE

Kendi Kendine Yeten Mahalle Modeli, sürdürülebilirlik, dayanıklılık ve yerel bağımsızlık ilkelerine dayalı bir yerleşim modeli olarak tanımlanabilir. Bu model, mahalle sakinlerinin temel ihtiyaçlarını karşılayabilecek altyapı ve kaynakları sunarken, toplumsal dayanışmayı ve çevresel uyumu önceliklendirir (URL-1). Bu çalışmada model, enerji verimliliği, gıda güvenliği, yerel ekonomi, atık yönetimi, toplumsal katılım ve erişim ve ulaşım olmak üzere altı temel bileşene dayandırılmaktadır (Görsel 1).

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



Görsel 1. Kendi Kendine Yeten Mahalle Modeli Bileşenleri

Yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı, enerji verimliliğinin merkezindedir. Kendine yeten mahalleler, güneş panelleri, rüzgâr türbinleri ve mikro enerji şebekeleri gibi yenilenebilir enerji altyapılarını benimseyerek enerji ihtiyaçlarını karşılayabilmektedir. Bu sistemler, mahallelerin enerji maliyetlerini azaltırken çevresel etkileri de en aza indirmektedir. Enerji depolama sistemleri, sürdürülebilir enerji arzı için kritik öneme sahiptir ve enerji talebi ile üretim arasındaki dengesizliği gidermektedir (Newman vd., 2017).

Mahalle düzeyinde gıda güvenliği, bireylerin sağlıklı ve erişilebilir gıdaya sahip olmasını sağlamak için önemlidir. Topluluk bahçeleri, permakültür uygulamaları ve dikey tarım teknikleri, sınırlı alanlarda yüksek verim elde edilmesine olanak tanımaktadır. Bu yöntemler, gıda tedarik zincirine olan bağımlılığı azaltarak yerel üretimi teşvik etmekte ve mahalle sakinlerinin kendi gıda ihtiyaçlarını karşılamalarına yardımcı olmaktadır (Güneş & Karakaş, 2022).

Yerel ekonomi, mahallelerin ekonomik bağımsızlığını güçlendiren bir diğer temel bileşendir. Kooperatifler, yerel pazarlar ve küçük işletmeler, mahalle ekonomisinin temel yapı taşlarıdır. Dijital platformlar ise yerel işletmelerin işleyişini kolaylaştırmakta ve kaynakların etkin paylaşımını sağlamaktadır (Moreno vd., 2020). Bu yaklaşım, mahalle sakinleri arasında ekonomik dayanışmayı teşvik etmekte ve yerel refahı artırmaktadır.

Çevresel sürdürülebilirliğin sağlanması için etkili bir atık yönetimi sistemi şarttır. Kendine yeten mahalleler, ayrıştırılmış geri dönüşüm sistemleri, kompostlama ve atık azaltma stratejilerini kullanarak atık miktarını en aza indirmektedir. Geri dönüştürülebilir materyallerin toplanması ve işlenmesi, çevresel etkileri azaltırken topluluk farkındalığını artırmaktadır (Sharifi & Khavarian-Garmsir, 2020).

Toplumsal katılım, mahalle sakinlerinin karar alma süreçlerine aktif katılımını sağlamaktadır. Eğitim programları, topluluk toplantıları ve iş birliğini teşvik eden etkinlikler, bireyler arasında

ortak bir aidiyet duygusu oluşturmaktadır. Toplumsal dayanışma, sadece sosyal ilişkileri güçlendirmekle kalmamakta, aynı zamanda mahallenin genel yönetiminde etkin bir iş birliği sağlamaktadır (Rogers & Power, 2021).

Kendine yeten mahalleler, sakinlerin temel hizmetlere kısa mesafelerde erişebilmesini sağlamaktadır. Yaya dostu yollar, bisiklet altyapıları ve toplu taşıma entegrasyonu, sürdürülebilir bir ulaşım sisteminin temel bileşenleridir. Bu yaklaşım, mahallede araç trafiğini azaltarak çevresel etkiyi minimize ederken bireylerin yaşam kalitesini artırmaktadır (Moreno vd., 2020).

Bu altı bileşen, bir mahalleyi sürdürülebilir, bağımsız ve toplumsal dayanışmayı önceliklendiren bir yaşam modeli haline getirmektedir. Bu bileşenlerin başarılı bir şekilde uygulanması, sadece bireylerin yaşam kalitesini artırmakla kalmamakta, aynı zamanda çevresel ve toplumsal sürdürülebilirlik hedeflerine de katkı sağlamaktadır.

3. KENDİ KENDİNE YETEN MAHALLE MODEL ÖNERİSİ

Bu çalışmada, bireylerin yaşam kalitesini artırırken toplumsal dayanıklılık ve çevresel sürdürülebilirlik hedeflerini bir araya getiren bir kendi kendine yeten mahalle modeli önerilmektedir. Bu model, literatür taraması, uluslararası standartlar ve başarılı örnek projelerden esinlenerek (Akyol ve Şenik, 2019; Albayrak ve Emür, 2024; Avrupa Komisyonu, 2019; Birleşmiş Milletler, 2015; Çelikyay ve Öztaş, 2019; Diriöz, 2023; Dünya Sağlık Örgütü, 2016; Güneş & Karakaş, 2022; Moreno vd., 2020; Newman vd., 2017; Sharifi & Khavarian-Garmsir, 2020; Sipahi, 2020; URL-2) geliştirilmiş olup , yerel ekonomik bağımsızlık, çevresel sürdürülebilirlik ve toplumsal dayanışma gibi temel değerler üzerine inşa edilmiştir. Önerilen modelin temel unsurları ve bu unsurların uygulanmasına yönelik kriterler Çizelge 1'de sunulmuştur. Model, bu kriterler doğrultusunda, sürdürülebilir bir yaşam biçimini mahalle ölçeğinde gerçekleştirmeyi amaçlamaktadır.

Çizelge 1: Kendine Yeten Mahalleler için Öneri Değerlendirme Kriterleri

Kriter	Açıklama	Değer Aralığı/Öneri	Planlama ve Tasarım İlkeleri	Gereksinimler	Uygulama Adımları	Ölçüm ve İzleme Yöntemleri
Yerel Ekonomi	Mahalle ekonomisinin kendi kendine yetebilmesi için yerel işletme desteği.	Yerel üretim oranı: %50 ve üzeri	Yerel pazar alanları, kooperatif yapılar, küçük işletme teşvikleri.	Küçük işletme altyapısı, finansal destek	Yerel işletme eğitimleri, kooperatif kurulumu	Yerel işletmelerin ekonomik katkısının ölçülmesi
Gıda Güvenliği	Topluluk bahçeleri ve yerel tarım alanlarının oluşturulması.	Toplam alanın %10-15'i tarıma ayrılmalı	Dikey tarım sistemleri, topluluk bahçeleri, su etkin sulama yöntemleri.	Su kaynakları, tarım ekipmanları	Topluluk bahçelerinin inşası, eğitim programları	Yerel üretimin tüketim oranına katkısı
Enerji Verimliliği	Yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı.	Enerji ihtiyacının %70-100'ü yenilenebilirden	Güneş panelleri, rüzgâr türbinleri, enerji depolama sistemleri.	Güneş/rüzgâr altyapısı, yatırım bütçesi	Enerji altyapısının kurulumu	Enerji tüketiminde yenilenebilir oranı
Erişim ve Ulaşım	Mahalle içinde yürünebilir mesafelerde temel hizmetlere erişim sağlanması.	Her noktadan hizmetlere erişim: 15 dakikada	Yaya ve bisiklet yolları, toplu taşıma entegrasyonu, araç trafiği sınırı.	Yaya yolları, bisiklet altyapısı	Bisiklet ve yaya yollarının inşası	Kullanıcı anketleri
Atık Yönetimi	Geri dönüşüm ve atık yönetimi sistemlerinin kurulması.	Atık dönüşüm oranı: %80 ve üzeri	Ayrıştırılmış geri dönüşüm kutuları, kompost sistemleri, atık bilgilendirme.	Geri dönüşüm altyapısı	Geri dönüşüm alanlarının oluşturulması	Atık geri dönüşüm oranı
Su Yönetimi	Su kaynaklarının etkin yönetimi ve	Su geri kazanım oranı: %50 ve üzeri	Gri su dönüşüm sistemleri, yağmur suyu toplama, su	Gri su altyapısı, yağmur suyu toplama sistemleri	Su geri dönüşüm sistemlerinin kurulumu	Su kullanım tasarruf oranı

	geri dönüşüm sistemleri.		etkin peyzaj tasarımı.			
Eğitim Alanları	Mahalle sakinlerinin eğitimi için erişilebilir alanlar oluşturulması.	Her 2.000 kişi için 1 eğitim merkezi	Okullar, yaşam boyu öğrenme merkezleri, kütüphaneler, açık derslikler.	Eğitim binaları, öğretim materyalleri	Eğitim alanlarının inşası, öğretmen atamaları	Eğitim merkezi kullanıcı oranı
Sağlık Alanları	Mahalle sakinlerinin sağlık hizmetlerine kolay erişimi sağlanması.	Her 5.000 kişi için 1 sağlık merkezi	Birinci basamak sağlık merkezleri, e-sağlık hizmet noktaları, açık spor alanları.	Sağlık merkezi, personel	Sağlık altyapısının oluşturulması	Sağlık hizmetlerinden faydalanma oranı
Kamusal Alanlar	Yaşanabilir, erişilebilir, kamusal alanların ve yeşil alanların oluşturulması.	Yeşil alan oranı: %20 ve üzeri	Parklar, meydanlar, oyun alanları, rekreasyon alanları, yaya yolları.	Yeşil alan tasarımı, ekipmanlar	Park, kamusal alan ve açık alan tasarımları	Kamusal alanların ve Yeşil alanların kullanım oranı
Sosyal Dayanışma	Toplumda sosyal bağların güçlendirilmesi.	Toplum etkinliklerine katılım: %50 ve üzeri	Sosyal merkezler, sosyal dayanışma projeleri, ortak etkinlik alanları.	Sosyal merkezlerin inşası, etkinlik bütçesi	Sosyal etkinliklerin düzenlenmesi	Etkinliklere katılım oranı
Spor ve Rekreasyon Alanları	Fiziksel aktiviteleri teşvik eden açık ve kapalı alanlar.	Toplam alanın %10'u spor tesislerine ayrılmalı	Açık spor sahaları, yürüyüş parkurları, spor salonları.	Spor altyapısı, açık alanlar	Spor tesislerinin oluşturulması	Spor alanlarının kullanım oranı
Afet Yönetimi ve Güvenlik	Afetlere dayanıklı altyapıların ve tahliye noktalarının oluşturulması.	Her mahallede en az 2 toplanma alanı	Deprem dayanıklı yapılar, acil durum planları.	Afet dayanıklı yapılar, eğitim	Toplanma alanlarının tasarımı, afet tatbikatları	Afet tatbikatlarına katılım oranı
Ekolojik Alanlar	Doğal yaşamı destekleyen ve çevresel çeşitliliği artıran alanların oluşturulması.	Toplam alanın %15'i ekolojik alanlara ayrılmalı	Yerel bitki türleriyle desteklenen yeşil koridorlar, doğal yaşam alanları.	Doğal bitki ve hayvan türleri	Ekolojik koridor tasarımı, bitkilendirme	Ekolojik alan biyoçeşitlilik oranı
Ekonomik Eşitlik	Sosyal ve ekonomik fırsatların eşit şekilde dağıtılması.	Düşük gelirli hane desteği: %10 bütçe	Sosyal konut projeleri, iş fırsatları yaratma, eşit hizmet erişimi.	Sosyal destek altyapıları, konut projeleri	Düşük gelirli aileler için destek planları	Sosyal destek oranının izlenmesi

Modelde, yerel ekonominin desteklenmesi, mahallelerin ekonomik bağımsızlığını güçlendirmek için öncelikli bir hedef olarak belirlenmiştir. Yerel üretim oranının %50 ve üzeri olması hedeflenmiş, bu doğrultuda kooperatiflerin kurulması, yerel pazarların desteklenmesi ve küçük işletmelerin teşvik edilmesi önerilmiştir. Bu yaklaşım, yerel dayanışmayı artırmak ve mahalle sakinlerinin ekonomik refahını yükseltmek amacıyla tasarlanmıştır.

Gıda güvenliği, önerilen modelde bir diğer kritik unsurdur. Mahalle düzeyinde toplam alanın %10-15'inin yerel tarım ve topluluk bahçelerine ayrılması, bireylerin taze ve sağlıklı gıdaya erişimini kolaylaştırmayı ve gıda tedarik zincirine bağımlılığı azaltmayı hedeflemektedir. Ayrıca, dikey tarım gibi yenilikçi yöntemlerle sınırlı alanlarda yüksek verim sağlanması amaçlanmıştır.

Enerji verimliliği, modelin sürdürülebilirlik hedeflerinin bir parçası olarak ele alınmıştır. Mahallelerin enerji ihtiyacının %70-100'ünün yenilenebilir enerji kaynaklarından karşılanması öngörülmüştür. Bu doğrultuda güneş panelleri, rüzgâr türbinleri ve enerji depolama sistemleri gibi teknolojiler, enerji maliyetlerini düşürmek ve çevresel etkileri en aza indirmek için önerilmektedir.

Afet yönetimi, mahallelerin dayanıklılığını artırmak ve kriz anlarında güvenliği sağlamak için modelin önemli bir bileşeni olarak tasarlanmıştır. Her mahallede en az iki toplanma alanı oluşturulması, deprem dayanıklı yapılar ve düzenli afet eğitimleri ile birlikte uygulanabilir bir strateji olarak benimsenmiştir.

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

Ekolojik alanlar, mahalle sakinlerinin doğa ile iç içe bir yaşam sürmesini sağlarken, çevresel sürdürülebilirliği desteklemek amacıyla önerilmiştir. Mahalle alanının %15'inin ekolojik alanlara ayrılması ve bu alanların düzenli olarak izlenmesi, doğal yaşamın korunmasına katkı sağlayacaktır.

Modelin diğer bileşenlerinden biri olan eğitim ve sağlık hizmetleri, mahalle sakinlerinin refahını artırmayı ve toplumsal dayanışmayı güçlendirmeyi hedeflemektedir. Her 2.000 kişi için bir eğitim merkezi ve her mahallede birinci basamak sağlık hizmeti sunan bir sağlık merkezi tasarlanmıştır. Bu hizmetlerin erişilebilirliği, bireylerin hem sosyal hem de fiziksel ihtiyaçlarını karşılamayı amaçlamaktadır.

Kamusal alanların tasarımı, mahalle sakinleri arasında sosyal etkileşimi artıracak şekilde yapılmalıdır. Mahalle toplam alanının %20'sinin parklar, yeşil alanlar ve oyun alanları gibi kamusal alanlara ayrılması, bireylerin dinlenme ve rekreasyon ihtiyaçlarını karşılayacaktır.

Ulaşım ve erişim, mahalle içindeki hareketliliği desteklemek amacıyla sürdürülebilir bir şekilde ele alınmıştır. Temel hizmetlere erişimin en fazla 15 dakika içinde sağlanması, yaya dostu yollar, bisiklet altyapıları ve toplu taşıma entegrasyonu ile desteklenmektedir.

Son olarak, atık ve su yönetimi ile ekonomik eşitlik bileşenleri, modelin çevresel ve toplumsal hedeflerini tamamlamaktadır. Atık yönetimi için geri dönüşüm oranının %80 ve üzeri olması ve gri su dönüşüm sistemleri gibi su tasarrufu yöntemlerinin kullanılması önerilmektedir. Ekonomik eşitlik kapsamında ise sosyal konut projeleri ve düşük gelirli hanelere yönelik destek programları ile mahalle içinde fırsat eşitliği sağlanması hedeflenmiştir.

Bu model, mahalle düzeyinde sürdürülebilir bir yaşam tarzını mümkün kılmak için önerilmiş olup, her bileşen, toplumsal dayanışmayı artırmak ve çevresel sorunları en aza indirmek için tasarlanmıştır. Çizelge 1, mahalle ölçeğinde sürdürülebilir planlama ve kendine yeten yerleşim alanları oluşturmak için bir rehber niteliği taşımaktadır. Ancak, burada belirtilen değer aralıkları ve kriterler, her mahallenin yerel özellikleri, demografik yapısı ve coğrafi koşulları dikkate alınarak özelleştirilmelidir. Çalışma sahasına özel veriler ve paydaş görüşleri, bu çizelgenin uygulanabilirliğini artırmak için önemli bir araçtır.

4. SONUÇ

COVID-19 pandemisi, kentsel planlama anlayışında önemli değişimlerin gerekliliğini ortaya koymuş, özellikle mahalle ölçeğinde sürdürülebilir ve dayanıklı yerleşim modellerinin geliştirilmesi için bir fırsat yaratmıştır. Bu çalışmada önerilen "Kendi Kendine Yeten Mahalle Modeli", bireylerin yaşam kalitesini artırırken toplumsal dayanıklılık ve çevresel sürdürülebilirlik hedeflerini bir arada gerçekleştiren bir yaklaşım sunmaktadır. Bu modelin başarılı bir şekilde uygulanması için yerel ekonomi, gıda güvenliği, enerji verimliliği gibi temel unsurların yanı sıra ekolojik alanlar, afet yönetimi ve sosyal eşitlik gibi daha geniş kapsamlı kriterler de dikkate alınmalıdır.

Modelde öne çıkarılan bileşenler, mahallelerin bireysel yaşam kalitesini artırmasının yanı sıra, küresel sürdürülebilirlik hedeflerine ulaşma yolunda kritik bir rol oynamaktadır. Çizelge 1'de sunulan kriterler, mahalle ölçeğinde uygulanabilir planlama ilkeleri sunarak, kentsel planlama

süreçlerinde somut bir rehber niteliği taşımaktadır. Bununla birlikte, bu kriterler her mahallenin yerel özellikleri, demografik yapısı ve coğrafi koşulları dikkate alınarak özelleştirilmelidir. Yerel dinamiklere uygun çözümler geliştirilmesi, modelin uygulanabilirliğini ve etkinliğini artıracaktır.

Bu model, yalnızca pandemi sonrası dönemde değil, gelecekte ortaya çıkabilecek çevresel, ekonomik ve toplumsal krizlere karşı dayanıklı bir yaşam alanı oluşturmayı hedeflemektedir. Ancak, önerilen bileşenlerin sahada uygulanabilirliği için yerel verilerin toplanması, paydaş görüşlerinin alınması ve sürekli bir geri bildirim mekanizması oluşturulması gerekmektedir. Özellikle saha çalışmalarından elde edilen veriler, modelin farklı bağlamlara uyarlanması ve uygulanması için önemli bir araç olacaktır.

Çalışma, sürdürülebilir mahalleler oluşturma sürecinde yenilikçi bir yaklaşım sunmakla birlikte, daha geniş ölçekli planlama süreçleriyle bütünleşmesi gereken bir çerçeve de önermektedir. Gelecekteki araştırmalar, bu modelin farklı coğrafi ve sosyo-ekonomik bağlamlardaki etkilerini değerlendirmek üzere ampirik çalışmalarla desteklenebilir. Ayrıca, önerilen kriterlerin uzun vadeli sonuçlarının izlenmesi ve modelin dinamik bir şekilde güncellenmesi, sürdürülebilir mahalle tasarımlarının başarısını artıracaktır.

Sonuç olarak, bu çalışma, mahalle ölçeğinde sürdürülebilir planlamanın hem bireysel hem de toplumsal ölçekte dayanıklılığı artırabilecek bir çözüm sunduğunu ortaya koymaktadır. Kendine yeten mahalle modeli, pandemi sonrası yeni dünya düzeninde, yaşanabilir ve dirençli şehirlerin inşasında önemli bir yapı taşı olma potansiyeline sahiptir.

KAYNAKÇA

1. Albayrak, Ç. ve Emür, S. H. (2024). COVID-19 Pandemi öncesi ve sonrası yeşil alan kullanım alışkanlıklarının değerlendirilmesi. İdealkent, 16(45), 1366-1402. https://doi.org/10.31198/idealkent.1328764 (Erişim tarihi: 17.12.2024)

2. Akdağ, D., Tarihsel Süreçte Salgınların Kentsel Yaşam Kalitesi Üzerine Etkileri, Yüksek Lisans Tezi, Kapadokya Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim, Öğretim ve Araştırma Enstitüsü, Nevşehir, 2023.

3. Akyol, D., Şenik, B. Sürdürülebilir Mahalle Ölçeğinde Yerele Özgü Bir Setifikasyon Sistemi: Trabzon Konaklı Örneği. Artium, 7(1), 1-11, 2019.

4. Allam, Z. and Jones, D. S. (2020). Pandemic stricken cities on lockdown. Where are our planning and design professionals [now, then and into the future]?. Land use policy, 97, 104805. https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2020.104805 (Erişim tarihi: 17.12.2024)

5. Avrupa Komisyonu (2019). A European Green Deal: Striving to be the first climate-neutral continent. European Commission https://commission.europa.eu/strategy-and-policy/priorities-2019-2024/european-green-deal_en (Erişim tarihi: 20.12.2024)

6. Barutçu, A., Mekansal Adaptasyonun Uygulama Alanı Olarak Covid-19 Pandemisi Sonrası Yapılı Çevre Tasarımında Öne Çikan Kavram ve Yaklaşımlar, Yüksek Lisans Tezi, Bursa Uludağ Üniversitesi, Bursa, 2023.

7. Birleşmiş Milletler (BM). (2015). Transforming our world: The 2030 agenda for sustainable development. United Nations. https://sdgs.un.org/2030agenda (Erişim tarihi: 19.12.2024)

8. Çelikyay, H. S. ve Öztaş, R. G., Sürdürülebilir kentsel gelişmede mahalle ölçeği. Mimarlık, Planlama ve Tasarım Alanında Araştırma ve Değerlendirmeler (Ed. LG Kaya ve S. Abbasova), Gece Akademi, 225-238, 2019.

9. Diriöz, E.D. (2023). Auroville Eko-Köyü (Hindistan). https://tasam.org/tr-TR/Icerik/72384/auroville_eko-koyu_hindistan (Erişim tarihi: 21.12.2024)

10. Dünya Sağlık Örgütü (DSÖ). (2016). Urban Green Spaces And Health: A Review Of Evidence. *WHO Regional Office for Europe*. https://www.who.int/europe/publications/i/item/WHO-EURO-2016-3352-43111-60341 (Erişim tarihi: 20.12.2024)

11. Güneş, E. ve Karakaş, T. (2022). Tarım ve gıda sistemlerinde sürdürülebilirlik yaklaşımları. Journal of Academic Value Studies, 8(3), 304-316. http://dx.doi.org/10.29228/javs.63757 (Erişim tarihi: 18.12.2024)

12. Moreno, C., Allam, Z., Chabaud, D., Gall, C. and Pratlong, F. (2021). Introducing the "15-Minute City": Sustainability, resilience and place identity in future post-pandemic cities. Smart cities, 4(1), 93-111. https://doi.org/10.3390/smartcities4010006 (Erişim tarihi: 17.12.2024)

13. Newman, P., Beatley, T. and Boyer, H. *Resilient Cities: Overcoming Fossil Fuel Dependence*. Island Press, 2017.

14. Öztaş Karlı, R. G., Çelikyay, S. Akıllı Kentlerin Gelişiminde Covid-19 Etkisi. Yüzüncü Yıl Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, (Salgın Hastalıklar Özel Sayısı), 321-338, 2020.

15. Rogers, D. and Power, E. (2020). Housing policy and the COVID-19 pandemic: the importance of housing research during this health emergency. International Journal of Housing Policy, 20(2), 177-183. https://doi.org/10.1080/19491247.2020.1756599 (Erişim tarihi: 17.12.2024)

16. Sharifi, A. and Khavarian-Garmsir, A. R. (2020). The COVID-19 pandemic: Impacts on cities and major lessons for urban planning, design, and management. Science of the Total Environment, *749*, 142391. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.142391 (Erişim tarihi: 18.12.2024)

17. Sipahi, P. (2020). Pandemi ve kamusal mekân, yapı dergisi. https://yapidergisi.com/pandemi-ve-kamusal-mekan/ (Erişim tarihi: 17.12.2024)

18. Sisson, P. (2020). How the '15-Minute City' could help post-pandemic recovery. https://www.bloomberg.com/news/articles/2020-07-15/mayors-tout-the-15-minute-city-as-covid-recovery (Erişim tarihi: 20.12.2024)

19. Soydan, S. Pandemi (Covid-19) Sonrası Tüketici Davranışlarındaki Değişim ile İlgili Bir Derleme Çalışması. Uluslararası Yönetim ve Sosyal Araştırmalar Dergisi, 9(18), 1-15, 2022.

20. Tekçe, Ö. Pandemi sürecinde yeniden anlam kazanan kamusal mekân ve toplumsal ilişkiler. İdealkent, (COVID-19 Sonrası Kentsel Kamusal Mekânların Dönüşümü), 46-70, 2021, https://doi.org/10.31198/idealkent.880263 (Erişim tarihi:17.12.2024)

21. URL-1. Self-sufficient neighbourhoods, https://knowledge-hub.circle-economy.com/frameworks/135/663 (Erişim tarihi: 20.12.2024)

22. URL-2. Walkable neighbourhoods and liveable communities: Australian urban planning guide. Australian Government. https://www.infrastructure.gov.au/ (Erişim tarihi: 20.12.2024)

23. Ünal, S. G. ve Erol, D. (2020). Sürdürülebilir mahalle planlamasının değişimi, planlamada yeni eğilim "EkoYer" yaklaşımı ve Türkiye'de uygulanabilirliği. Planlama Dergisi, 30(1), 15-35. https://doi.org/10.14744/planlama.2019.27676 (Erişim tarihi: 17.12.2024)

24. Varol, E., Öksüz, A. M. Kamusal Alanların Mekân Kalitesi ve Salgın İlişkisi: Covid-19 ve Etkileri. YDÜ Mimarlık Fakültesi Dergisi, 3(2), 18-35, 2021.

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

DEVELOPMENT OF ARCHITECTURAL AND NATURE TOURISM IN SAFRANBOLU WITHIN THE CONTEXT OF SUSTAINABILITY: OPPORTUNITIES, RISKS AND RECOMMENDATIONS

Doç. Dr. Merve TUNA KAYILI
Karabük Üniversitesi, Safranbolu Başak Cengiz Mimarlık Fakültesi
mervetunakayili@karabuk.edu.tr., 0000-0002-3803-8229

Dr. Öğr. Üyesi Fuat FİDAN
Karabük Üniversitesi, Safranbolu Başak Cengiz Mimarlık Fakültesi
ffidan@karabuk.edu.tr, 0000-0001-6603-3591

Doç. Dr. Beyza ONUR
Karabük Üniversitesi, Safranbolu Başak Cengiz Mimarlık Fakültesi
beyzaonur@karabuk.edu.tr, 0000-0001-8246-9571

ABSTRACT

Safranbolu is an important cultural tourism destination listed as a UNESCO World Heritage Site, known for its historical heritage and natural beauty. The architectural richness and natural landscape of the city offer significant opportunities for sustainable tourism practices. This study examines how architectural and nature tourism in Safranbolu can be developed within the framework of sustainability principles, while also analyzing the opportunities and risks encountered in this process. Safranbolu, with its Ottoman-era houses, mosques, inns, and baths, is one of Turkey's most significant cultural heritage regions. In addition to its historical structures, the region's natural attractions, such as Tokatlı Canyon and Bulak Cave, enhance its tourism potential, especially for ecotourism and nature tourism.

The paper highlights key opportunities for the development of tourism in Safranbolu, such as the preservation of the region's unique architecture, support for cultural crafts, and the promotion of nature tourism. However, the negative impacts of mass tourism should not be overlooked. Mass tourism and inadequate infrastructure can lead to the degradation of both historical structures and natural areas. Unregulated tourism development threatens the cultural and natural fabric of the city, making sustainable tourism planning a necessity. Additionally, it is noted that the city's wooden structures are vulnerable to risks such as fires and natural disasters, necessitating preventive measures.

The study presents recommendations for sustainable tourism practices that aim to preserve Safranbolu's cultural and natural heritage while generating economic benefits. The socio-economic impacts of tourism, environmental risks, and the pressures of tourism on the city's sustainability are also examined. In this context, it is emphasized that local governments, non-governmental

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

organizations, and the tourism sector must collaborate to ensure balanced tourism development in Safranbolu. Strategies must be developed to protect the cultural and natural heritage, raise awareness among local communities, take precautions against risks such as fire safety, and carefully manage the potential of nature tourism. In conclusion, a careful planning and management approach is essential to both increase Safranbolu's touristic appeal and protect its cultural heritage.

Keywords: Safranbolu, Architectural Tourism, Nature Tourism, Opportunities, Risks

1. INTRODUCTION

Safranbolu is a historical city in Karabük province of Turkey and a UNESCO World Heritage Site. The city has become an important tourism center for both local and foreign tourists with its Ottoman-era architecture and natural beauties. This study aims to examine how architectural and nature tourism in Safranbolu can be developed in line with sustainability principles. Safranbolu has a rich cultural heritage with its historical houses, mosques, inns, baths and natural areas. However, managing tourism sustainably is of great importance for the protection of the city's cultural and natural heritage.

Addressing tourism in the context of sustainability is a critical requirement for both economic development and the protection of cultural heritage. The increase in tourism activities puts pressure on the carrying capacity of the city, which can lead to damage to historical buildings and natural areas (Bramwell & Lane, 1993). This study will examine sustainable development strategies in Safranbolu in terms of balanced management of tourism, local community involvement and cultural heritage conservation.

Furthermore, the opportunities offered by Safranbolu in terms of both architectural tourism and nature tourism will be discussed and how these opportunities can be utilized in a sustainable manner will be emphasized. How the tourism sector should be managed in the context of environmental and cultural sustainability and the impacts of tourism activities on the city will be discussed. Safranbolu's contribution to the local economy, its socio-cultural impacts and the challenges faced in this process will also be evaluated in this section.

Finally, the aim and scope of the study will be outlined and a literature-based review of the development of sustainable tourism in Safranbolu will be presented. In this context, existing literature on the concept of sustainable tourism, preservation of architectural heritage and integration of nature tourism will be utilized.

2. ARCHITECTURAL TOURISM IN SAFRANBOLU

The architectural tourism of Safranbolu is shaped around the city's unique structures such as historical Ottoman houses, mosques, inns and baths. Preserving these structures and bringing them to tourism increases the touristic attractiveness of the city. Safranbolu's historic houses are among

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

the best examples of Ottoman urban architecture with their woodwork, stone walls and traditional architectural details. However, the pressure of tourism on these buildings brings some problems in terms of their preservation and sustainable use (Ashworth & Tunbridge, 2000). The reason why architectural tourism is of great importance in Safranbolu is that the historical fabric of the city is intact. However, these structures are subject to erosion and deterioration over time due to both natural factors and tourism pressure. For this reason, various measures have been taken to protect historical buildings in Safranbolu. Projects carried out with the support of UNESCO ensure that these buildings are restored and preserved in a sustainable manner. However, the pressure of mass tourism accelerates the wear and tear on these buildings (Dogan, 1989). The sustainability of architectural tourism is closely related to both the preservation of buildings and the role of local people in this process. The participation of local people in architectural tourism activities enables them to contribute both to economic development and to the protection of cultural heritage. In this context, the role of local governments in managing tourism is of great importance (Akman, 2010). The historical buildings in Safranbolu should be preserved not only as a tourist attraction but also as a living cultural heritage. The management of architectural tourism in Safranbolu requires sustainable tourism strategies to alleviate tourism pressure on historic buildings. These strategies may include limiting visitor numbers, ensuring regular restoration of historic buildings, and reducing the impacts of mass tourism. At the same time, allocating a portion of tourism revenues to restoration and conservation projects can also support the sustainability of architectural tourism (Worrell & Appelbaum, 2012).

3. NATURE TOURISM IN SAFRANBOLU

The opportunities offered by Safranbolu in terms of nature tourism are shaped around the unique natural beauties of the region. Tokatlı Canyon, Bulak Cave and the surrounding natural areas constitute a great center of attraction for nature lovers. Ecotourism is a type of tourism that provides both environmental protection and economic benefits for local communities in the context of sustainable nature tourism (Honey, 2008). Although Safranbolu has great potential for nature tourism, this potential needs to be carefully managed and sustainable strategies need to be developed to protect nature. Ecotourism is a type of tourism that encourages the participation of local people and supports the sustainable use of environmental resources. In this context, it is possible for nature tourism activities in Safranbolu to provide economic benefits to local communities by protecting the ecosystems in the region. As areas such as Tokatlı Canyon become a tourist attraction, tourism pressure increases in these areas and negative impacts on the ecosystem occur (Weaver, 2001). Therefore, nature tourism needs to be managed effectively. The arrangements to be made in nature tourism areas should be planned by taking into account the carrying capacity of these areas. In addition, education programs and awareness campaigns should be organized to increase the environmental awareness of visitors. Local governments should take strict measures to protect natural areas while promoting nature tourism in these areas. In particular, controlling the number of tourists is of great importance to protect the ecological balance of the

region (Kiper, 2013). Nature tourism in Safranbolu can make a significant contribution to the sustainable development of the region. However, in this process, taking environmental protection measures and managing ecosystems in a sustainable manner are essential for the successful continuation of nature tourism. Developing nature tourism activities without harming nature will ensure that the region maintains its tourism attractiveness in the long term. In addition, the active role of local people in this process will increase the social and economic benefits of nature tourism.

4. OPPORTUNITIES IN SUSTAINABLE TOURISM DEVELOPMENT

Safranbolu is a cultural and touristic center recognized not only in Turkey but also worldwide for its architectural and natural beauty. Therefore, it offers many opportunities for the development of sustainable tourism. Both the architectural heritage and natural richness of Safranbolu form the basis of these opportunities. In this section, Safranbolu's opportunities for sustainable tourism will be examined in detail. Architectural and Natural Integration: Safranbolu has a structure that can integrate both cultural and natural tourism. Its Ottoman-era houses, mosques and other buildings offer visitors a historical atmosphere, while natural sites such as Tokatlı Canyon and Bulak Cave offer unique experiences for nature lovers. Integrating these two different types of tourism can enrich the experiences of tourists visiting Safranbolu and further increase the tourism potential of the city. In the context of sustainable development, architectural and nature tourism can be evaluated together and both types of tourism can be developed in a balanced manner (Throsby, 2010).

Sustainable management of Safranbolu's tourism potential can have a positive impact on the local economy. Tourism revenues can ensure the protection and development of both small businesses and local handicrafts in the city. Preserving traditional crafts and handicrafts can nurture tourism as part of the region's cultural heritage. Integrating these crafts with tourism can help Safranbolu become a sustainable tourism destination. In addition, encouraging the participation of local people in tourism activities will ensure that economic development is shared equitably (Telfer & Sharpley, 2008).

Safranbolu offers significant opportunities for ecotourism and nature tourism. The protection of natural areas and the development of ecotourism activities support environmental sustainability. Nature tourism raises the environmental awareness of local people and contributes to the protection of the region's natural resources. Nature tourism can also play an educational role so that tourists do not harm the ecosystem of the region while exploring nature (Honey, 2008).

Promoting sustainable architectural practices can contribute to the preservation of historical buildings in Safranbolu, while at the same time making modern buildings more environmentally friendly. Green building certifications (such as LEED) can create a sustainable construction policy in Safranbolu by minimizing the environmental impact of new buildings and restoration projects. Such practices would contribute both to the preservation of the city's historic fabric and to

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

increasing energy efficiency (Smith, 2006). In conclusion, the development of sustainable tourism in Safranbolu brings with it opportunities to contribute to the local economy while preserving the architectural and natural values of the region. In order to make the best use of these opportunities, local governments, tourism sector and non-governmental organizations should work in cooperation. Furthermore, a tourism strategy that integrates both the architectural and natural tourism values of Safranbolu should be developed.

5. RISKS AND CHALLENGES

Safranbolu's tourism potential offers a great opportunity in terms of the city's cultural and natural heritage, but also brings with it various risks and challenges. These risks are mass tourism and infrastructure problems, damage to environmental values, failure to protect historical structures, pressures on the local population and fire and natural disaster risks.

Mass Tourism and Infrastructure Problems: Mass tourism can increase the pressure on historical and natural areas and lead to damage to these areas. Popular tourist destinations such as Safranbolu may find it difficult to cope with the excessive number of tourists, especially during periods of high tourist intensity. This situation may cause excessive weathering and environmental degradation on historical buildings (Dogan, 1989). In addition, the increase of tourism in places where infrastructure is insufficient can bring environmental and social challenges such as excessive use of water resources, waste management problems and traffic congestion.

Damage to Environmental Values: The opportunities offered by Safranbolu in terms of nature tourism may also pose environmental risks. In particular, natural areas such as Tokatlı Canyon and Bulak Cave may lose their ecological balance under extreme tourism pressure. Sustainable tourism management strategies should be developed for the protection of such natural areas. Otherwise, irreversible damages may occur on the ecosystem (Weaver, 2001).

Failure to Protect Historical Structures: Ottoman-era architectural structures located in Safranbolu face risks such as natural disasters, fire and abrasion. In particular, the protection of wooden structures against fire is a great challenge. In addition, the erosion of these structures over time and the high maintenance costs make it difficult to preserve the historical texture (Worrell & Appelbaum, 2012). It is necessary to take measures such as regular maintenance, restoration and fire safety in order to protect these structures.

Pressures on the Local Population: The development of tourism can create various social and economic pressures on the local population. The high number of tourists can negatively affect the living standards of the local population and lead to the loss of traditional lifestyles in the region. In addition, local people who do not benefit from tourism revenues in a fair way may develop a negative attitude towards the development of tourism (Sharpley, 2009). Therefore, it is important that tourism activities are carried out in harmony with the local population and that they benefit from economic development.

Fire and Natural Disaster Risk: The fire risk of wooden structures in Safranbolu poses a great threat to historical structures. In addition, the fact that the region is vulnerable to natural disasters makes it difficult to protect both architectural and natural areas. If fire safety measures are not taken, a large part of the architectural heritage in Safranbolu may be irretrievably damaged (Worrell & Appelbaum, 2012). As a result, the sustainable development of tourism in Safranbolu depends on managing these risks. The management of mass tourism, solving infrastructure problems and reducing environmental risks will ensure that the region retains its tourism potential in the long term.

6. RECOMMENDATIONS FOR SUSTAINABLE TOURISM DEVELOPMENT

Both the architectural and natural values of Safranbolu should be managed in an integrated manner as complementary tourism elements. Balanced management of tourism will contribute to the protection of both cultural heritage and natural areas. In this context, strategic tools such as sustainable tourism planning and carrying capacity assessment should be used (Butler, 1999). In particular, limiting the number of visitors will support the preservation of both the architectural and natural fabric of the region.

Local governments play an important role in the development of sustainable tourism in Safranbolu. Local governments should make the necessary arrangements for the effective management of tourism and ensure that the economic opportunities brought by tourism are shared fairly with local people. At the same time, some of the revenues from tourism should be allocated to projects for the protection of cultural heritage (Hall, 2008).

The success of sustainable tourism is directly related to the participation of local people in this process. In Safranbolu, programs that encourage the active participation of local people in tourism activities should be developed. This participation allows local people to gain economically, while at the same time contributing to the protection of cultural heritage. Local people having a say in the management of tourism will prevent tourism from negatively affecting the social structure in the region (Hall, 2008).

Increasing environmental awareness in Safranbolu is critical for the development of sustainable nature tourism. Environmental education programs should be organized for visitors and ecotourism activities should be encouraged. All kinds of arrangements to be made in nature tourism areas should be planned to protect the ecological balance of the region (Weaver, 2001).

Sustainable building practices and restoration projects should be encouraged in Safranbolu. Historic buildings should be restored using modern architectural techniques and energy efficiency should be increased. At the same time, environmentally friendly practices such as green building certifications should be used in the construction of new buildings (Smith, 2006).

Safranbolu's wooden architecture is vulnerable to fire risk. Therefore, it is necessary to develop fire safety systems and emergency plans against fire risk. In addition, necessary measures should be taken to protect the region against natural disasters (Worrell & Appelbaum, 2012).

7. CONCLUSION AND SUGGESTIONS

Safranbolu is one of the most important cultural and natural tourism centers of Turkey. This study examines how Safranbolu's architectural and natural values can be preserved and developed in the context of sustainable tourism. Managing tourism in a sustainable manner is critical for the protection of both cultural heritage and natural areas.

Safranbolu has a great tourism potential with its unique architecture and natural beauty. However, careful planning is required to protect and sustainably develop this potential. Carrying capacity needs to be taken into account and visitor management strategies need to be developed to avoid the negative impacts of mass tourism and to prevent the erosion of historic buildings (Bramwell & Lane, 1993). At the same time, protecting natural areas and supporting ecotourism activities will contribute to Safranbolu's environmental sustainability (Weaver, 2001).

Within the scope of Safranbolu's sustainable tourism strategies, the participation of local people in tourism activities should be encouraged. Fair distribution of tourism revenues will contribute to the local economy and support social sustainability (Telfer & Sharpley, 2008). At the same time, taking measures such as reducing environmental risks and fire safety will contribute to the protection of the cultural and natural values of the region. In conclusion, a sustainable development of tourism in Safranbolu is possible through both the protection of cultural heritage and environmental sustainability. An integrated tourism strategy needs to be adopted for a more balanced and sustainable management of tourism in Safranbolu in the future.

REFERENCES

Akman, C., Osmanlı mimarisi ve turizme etkisi, Türk Kültürü Araştırmaları Dergisi, 48(2), 125-138, 2010.

Bramwell, B., & Lane, B., Sustainable tourism: An evolving global approach, Journal of Sustainable Tourism, 1(1), 1-5, 1993.

Butler, R. W., Sustainable tourism: A state-of-the-art review, Tourism Geographies, 1(1), 7-25, 1999.

Dogan, H. Z., Forms of adjustment: Sociocultural impacts of tourism, Annals of Tourism Research, 16(2), 216-236, 1989.

Kiper, T., Türkiye'de doğa turizminin gelişimi ve potansiyeli, Turizm Araştırmaları Dergisi, 22(1), 78-94, 2013.

Ashworth, G. J., & Tunbridge, J. E., The Tourist-Historic City: Retrospect and Prospect of Managing the Heritage City, Pergamon, 2000.

Hall, C. M., Tourism Planning: Policies, Processes and Relationships, Prentice Hall, 2008.

Honey, M., Ecotourism and Sustainable Development: Who Owns Paradise?, Island Press, 2008.

Sharpley, R., Tourism Development and the Environment: Beyond Sustainability?, Earthscan, 2009.

Smith, M. K., Tourism, Culture and Regeneration, CABI Publishing, 2006.

Telfer, D. J., & Sharpley, R., Tourism and Development in the Developing World, Routledge, 2008.

Throsby, D., The Economics of Cultural Heritage, Cambridge University Press, 2010.

UNESCO, World Heritage and Tourism in a Changing Climate, https://whc.unesco.org/en/news/1359/ (Accessed: 22.12.2024).

Worrell, W. A., & Appelbaum, B., Architectural Conservation: Principles and Practice, Routledge, 2012.

Weaver, D., The Encyclopedia of Ecotourism, CABI Publishing, 2001.

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

SAFRANBOLU'DA TURİZMİN GELİŞTİRİLMESİNE YÖNELİK DOĞAL MİRAS POTANSİYELLERİNİN ANALİZİ VE ÖNERİLER

Dr. Öğr. Üyesi Fuat FİDAN
Karabük Üniversitesi, Safranbolu Başak Cengiz Mimarlık Fakültesi
ffidan@karabuk.edu.tr, 0000-0001-6603-3591
Doç. Dr. Beyza ONUR
Karabük Üniversitesi, Safranbolu Başak Cengiz Mimarlık Fakültesi
beyzaonur@karabuk.edu.tr, 0000-0001-8246-9571
Doç. Dr. Merve TUNA KAYILI
Karabük Üniversitesi, Safranbolu Başak Cengiz Mimarlık Fakültesi
mervetunakayili@karabuk.edu.tr., 0000-0002-3803-8229

ÖZET

UNESCO Dünya Miras Listesi'nde yer alan Safranbolu kenti, somut ve somut olmayan kültürel miras değerlerinin yanı sıra kanyon, mağara, nehir vadisi, dağ, orman gibi doğal miras değerlerine de sahiptir. Kentin kendine özgü jeolojik yapısı, farklı yükseklik ve derinlikte doğal oluşumların ortaya çıkmasını sağlamış; kent biçimlenişinde ve yerleşim alanlarının konumlandırılmasında önemli etken olmuştur. Karadeniz ve karasal iklim özelliği gösteren sahada yer alan Safranbolu, iklimsel farklılık ve topografik hareketlere bağlı mikroklimatik özelliği sayesinde flora ve fauna çeşitliliği açısından zengindir. Ancak bu doğal değerlerin turizmin geliştirilmesi bağlamında yeterince kullanılmadığı görülmektedir. Kentte tarihi yapılara odaklanan bir turizm anlayışı hâkim olup, turizm çeşitliliği azdır. Bu durum ziyaretçilerin günlük konaklama sürelerini düşürmekte ve yılın sadece belirli aylarında tercih edilmeyi beraberinde getirmektedir. Ayrıca bu dönemlerde geleneksel doku üzerinde yoğun kullanım baskısı da oluşmaktadır. Turizmde çeşitlenmeye gidilmesi neticesinde kaynaklar arasında kullanım dengesinin kurulması, turizmin tüm yıla yayılması, konaklama sürelerinin uzatılması, turist sayısının artırılması ve ekonomik katkının geniş alanlara yayılması sağlanabilecektir. Bu noktada alternatif turizm önem kazanmaktadır.

Jeolojik miras niteliğindeki kanyonlar Safranbolu'da öne çıkan doğal oluşumlardandır. Tarihi yapılar yer yer kanyonun üzerine veya kenarına konumlandırılmıştır. İç içe geçen bu tarihi ve doğal miras değerleri bir bütün olarak kentin kimliğini ve kültürel peyzajını tanımlamaktadır. Hiking, trekking, kampçılık, doğa fotoğrafçılığı, yaban hayatı gözlemleme, su sporları, kaya tırmanışı vb. birçok aktivitenin yapılabileceği kanyonlar ilgi çekici özelliklere sahiptir. Bildiride, Safranbolu'da turizmin geliştirilmesine yönelik önerilerde bulunulmuştur. Bu bağlamda kanyonların potansiyelleri ortaya koyulmuş, turizmde etkin bir şekilde değerlendirilebilmeleri için stratejiler belirlenmiştir. Çalışmada, kanyonlar tekil ölçekte ele alınmamış, kültürel miras yapı ve alanlarıyla ilişkilendirilerek bütüncül yaklaşımlar geliştirilmiştir. Bu kapsamda üst ölçekli gezi rotaları da önerilmiştir. Farklı turizm türlerinin birbirlerini besleyeceği ve destekleyeceği bu anlayış sayesinde kendine özgü turizm

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

destinasyonunun güçlendirilmesinin yanı sıra mekânsal gereksinimlerin karşılanmasında mevcut miras potansiyelleri değerlendirilebilecektir.

Anahtar Kelimeler: Turizm, Safranbolu, Kanyon, Tarihi Doku, Doğal Miras

1. GİRİŞ

Bilinen tarihi MÖ 3000 yıllarına kadar giden ve Paphlagonia sınırları içinde yer alan Safranbolu'da sırası ile Hititler, Frigler, Lidyalılar, Persler, Helenistik Krallıklar, Romalılar, Selçuklular, Çobanoğulları, Candaroğulları ve Osmanlılar egemenlik kurmuştur [1]. Perslerden ve Helenistik dönemden sonra Roma ve Bizans çağlarında da yoğun bir yerleşimin olduğu Safranbolu çevresi incelendiğinde; tümülüsler, kaya mezarları, duvar kabartmaları, Roma tapınağı gibi unsurlar bölgenin tarihi önemini göstermektedir [2]. Günümüze ulaşabilen tipik bir Osmanlı şehri olan Safranbolu, geleneksel dokusuyla döneminin mimarisini, yaşam biçimini, ekonomisini, kültürünü yansıtmaktadır. Sahip olduğu değerler bütününün korunmasına yönelik 1985 yılında kentsel sit alanı ilan edilmiş, 1991 yılında koruma imar planı uygulamaya sokulmuştur.

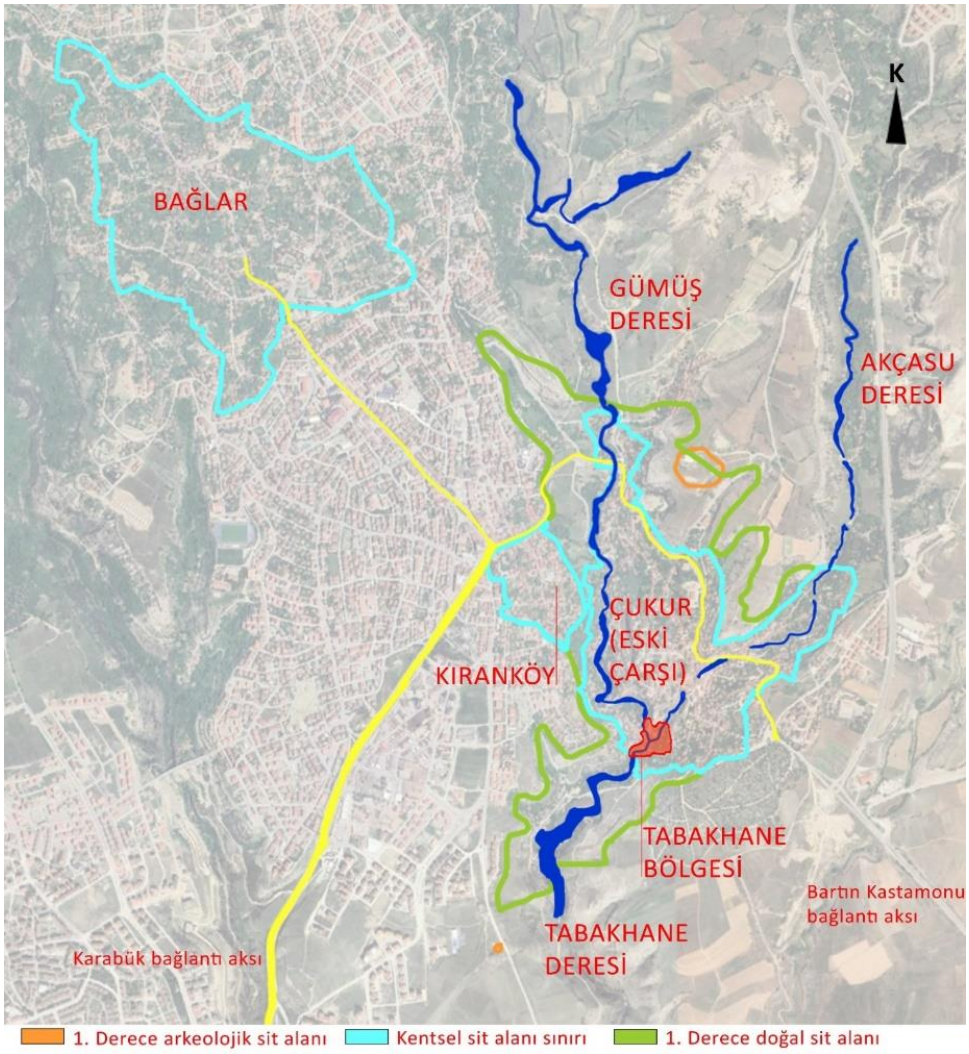
1994 yılında UNESCO Dünya Miras Listesi'ne dahil edilmesi ile Safranbolu'daki koruma çalışmaları daha da önem kazanırken turizme yönelik yatırımların artması da sektördeki hareketliliği olumlu etkilemiştir [3]. Kazandığı statü ve sahip olduğu miras değerleri ile bir turizm kentine dönüşen Safranbolu'da turizmle ilgili plansız gelişmeye bağlı sorunlar da mevcuttur. Koruma-kullanma dengesini göz ardı eden uygulamalar bazı somut değerlerin zarar görmesine neden olmuştur/olmaktadır. Sivil mimari örneklerinin bir kısmına odaklanan turizm anlayışı, bunların yoğun kullanımını ve turistik çekiciliğin sınırlı kalmasını beraberinde getirmektedir. Bu noktada kentteki doğal miras gibi diğer potansiyellerin de bütüncül yaklaşımlarla değerlendirilmesinin önemi ortaya çıkmaktadır. Çalışmada bu potansiyellere dikkat çekilerek koruma-kullanma-yaşatma dengesi içerisinde turizme entegre edilmelerine yönelik önerilerde bulunulmuştur. Buradaki amaç, kentte turizmin geliştirilmesi ve turizm kaynaklı yaşanan bazı sorunların çözülmesi için kullanılabilecek alternatif yöntemler sunmaktır.

2. SAFRANBOLU KENTİNDEKİ TARİHİ YERLEŞİM BÖLGELERİ

Eski Çarşı, Kıranköy ve Bağlar tarihi yerleşimlerine sahip Safranbolu, özgünlük ve bütünlük ana ölçütlerini sağlaması neticesinde 1994 yılının Aralık ayında UNESCO Dünya Miras Listesi'ne alınmıştır [4]. Bu bölgelerde farklı imparatorlukların etkilerine rastlanmaktadır. Bağlar ve Eski Çarşı Selçuklu ve Osmanlı sürekliliğini gösterirken, Kıranköy'de Roma-Bizans-Osmanlı etkisi görülebilmektedir. Safranbolu'nun iyi korunmuş konakları ve kent dokusu, Osmanlı'da Müslüman ve Rum-Ortodoks aile ve sosyal yaşamıyla ilgili önemli bilgiler de vermektedir [5]. Safranbolu, Anadolu konut dokusunun özellikle de Osmanlı kentini var eden nüvelerin bulunduğu bir merkez olmaya günümüzde de devam etmektedir. Merkezinde han, hamam, cami, türbe, çeşme, güneş saati, saat kulesi, arasta, çarşı gibi çeşitli kamusal işlevler bulunmaktadır.

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

Safranbolu tarihi dokusunda yerleşimlerin ve binaların konumlandırılmasında çevrenin topografik özellikleri ve iklim şartları önemli etken olmuştur. Üretim ve ticaret fonksiyonları ile önem kazanmış Çarşı bölgesi, dik yamaçlara sahip, Akçasu ve Gümüş derelerinin geçtiği ve birleştiği vadi içinde yer almaktadır (Görsel 1). Burada, kanyon duvarlarının rüzgârlara set olması ve soğuğa korunaklı konumlanma nedeniyle konutlar daha çok kış ayları için tercih edilmiştir (Görsel 2). Yazlık yerleşim yeri olarak ise yüksek rakımdaki, rüzgârlara açık ve serin Bağlar bölgesi kullanılmıştır. Çarşı (Çukur) ve Bağlar bölgeleri arasındaki Kıranköy'de ise mübadele dönemine kadar Rum azınlıklar yaşamıştır. Buradaki evlerde bulunan şaraphaneler yörede bağcılığın gelişmiş olduğu göstermektedir. Sıkışık yapılaşma karakteri gösteren Çarşı'nın aksine geniş bahçelere sahip Bağlar bölgesinde üzüm yetiştiriciliği ön plana çıkmıştır.



Görsel 1. Safranbolu'da Bağlar, Kıranköy, Eski Çarşı ve Tabakhane bölgesinin konumlanışı

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



Görsel 2. Mimari ve doğal miras ilişkisi (Eski Çarşı)

Günümüzde Kıranköy ve Bağlar'daki geleneksel yapıların büyük çoğunluğunun özgün işlevi devam ederken, Eski Çarşı'da turizm odaklı yaklaşım ve dönüşümler söz konusudur. Turizm, tarihi yapıların yaşatılarak korunması anlayışına hizmet edebilen bir araçtır. Ancak bu yaklaşımlarda koruma-kullanma dengesinin iyi sağlanması önemlidir. Turizm planlama ve uygulamalarında, sadece ekonomik çıkarlara odaklanmak yerine korumanın çok boyutlu yönlerini referans alan doğru stratejilerle miras değerlerini özgünlük ve bütünlüğü tehdit etmeden sürdürülebilir kılmak temel amaç olmalıdır.

3. SAFRANBOLU'DA TURİZM BAĞLAMINDA YAŞANAN SORUNLAR

Tarihi çevreyi korumaya yönelik turizm uygulamaları kent gelişiminin yanı sıra ekonomik, sosyal, fiziksel, toplumsal açıdan gelişmiş çevreyi oluşturmada, doğal ve kültürel değerlerin korunması, yaşatılması, değerlendirilmesi ve tanıtılmasında teşvik edici bir rol üstlenmektedir [6]. Tarihi zenginliğe ekonomik kaynak olarak bakma ihtiyacı nedeniyle kentlerde fiziki doku ve biçim ön plana çıkmaktadır. Oysaki kentler için fiziksel özellikler tek varlık olmayıp, gelenekler, beceriler ve yerel kültürel nüanslar yerlerin çekiciliğine ve kalitesine binalar kadar hizmet etmektedir [7]. Safranbolu'da turizmin yoğunlaştığı Eski Çarşı bölgesinde fiziki dokunun yerel kullanıcıları ile korunamama durumlarının yaşanması yerel değerlerin anlamını kaybetmesi ve mekânın tüketimi tehlikesini de beraberinde getirmektedir [8]. Konakların hızla otele dönüştürülme sürecinin yaşandığı kentte, ziyaretçilerin kalma sürelerinin ve otel doluluk oranlarının azlığına bakıldığında ihtiyaç fazlası dönüşümlerin gerçekleştirildiği söylenebilir. Bu duruma bağlı birbirleriyle rekabete giren işletmelerin bazılarının çözüm yolu olarak konaklama ücretini düşürmek için hizmet kalitesinden ödün verme yöntemini kullanması nitelik kaybına da neden olmaktadır.

Safranbolu'da belirli bölge ve yapıya indirgenmiş bir kültürel turizm anlayışı hâkimdir. Daha çok Eski Çarşı'nın merkezinde sınırlı sayıdaki alan ve yapının gezilmesine odaklanan turizm faaliyetleri bu miras değerlerinin aşırı kullanımına neden olmakta ve buna bağlı eskime, aşınma, yıpranma gibi zarar görme tehlikeleri yaratmaktadır. Ayrıca kısıtlı alandaki bu aşırı yoğunlaşma

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

trafik sıkışıklığı da oluşturmakta, yerel kullanıcıların erişim ve ulaşımlarını engellemektedir. Kentin dışında kalan yakın mesafedeki doğal miras alanlarına şehir içi toplu taşıma hizmetinin gelişmemiş olmaması da çelişkili bir durumdur.

Eski Çarşı'daki birçok kültürel miras değeri gezi rotalarının dışında bırakılmaktadır. Safranbolu Turizm Danışma Bürosunun gezi programı listesinde kentin geçmişteki en önemli iş kolu dericiliğe ait üretim mekânlarının olduğu Tabakhane bölgesinin yer almaması buna bir örnektir [9]. Benzer şekilde kentin diğer geleneksel yerleşim bölgeleri olan Bağlar ve Kıranköy'de rotalara dahil edilmemektedir. Bu durum neticesinde ziyaretçiler kentin diğer tarihi bölgelerini ve kültürel değerlerini deneyimleyememekte ve kimlik bileşenlerinin bütüncül okumasını yapamamaktadır.

Safranbolu'da turizmdeki önemli sorunlardan birisi de günübirlik ziyaret ve kısa süreli konaklama oranının fazla olmasıdır. Safranbolu'nun 2023 yılı konaklama istatistiklerine göre ortalama kalış süresi 1,32 gündür [10]. Ayrıca kentte turizm yıl içine homojen şekilde dağılmamaktadır. Ziyaretçiler Safranbolu'ya geliş için büyük çoğunlukla yaz aylarını tercih etmektedir. Bu durumların oluşmasındaki en büyük etkenlerden biri de turizmde çeşitlenmeye gidilmemesidir. Turizm faaliyetlerinde genellikle mimari mirasa odaklanılmakta, kültürel peyzajın önemli bileşeni olan doğal miras potansiyelleri yeterince değerlendirilmemektedir.

4. SAFRANBOLU'DA TURİZMİN GELİŞTİRİLMESİNE YÖNELİK DOĞAL MİRAS POTANSİYELLERİ

Safranbolu somut ve somut olmayan kültürel miras değerlerinin yanı sıra birçok doğal miras değerine de sahiptir. Bunlar bir bütün olarak kentin kimliğini tanımlamaktadır. Kentteki doğal miras değerleri; mağaralar (Bulak, Hızar, Ağızkara), kanyonlar (Tokatlı, Sakaralan, Sırçalı, Düzce, Gümüş, Akçasu), yaylalar (Uluyayla, Sarıçiçek), kayalıklar (Kadıbükü Köyü, Aşağı Dana Köyü), dereler (Akçasu, Gümüş, Tabakhane, Bulak), dağlık sahalar ve ormanlık alanlar olarak sıralanabilir.

Türkiye'de Antalya'dan sonra en fazla kanyon Kastamonu ve Muğla illeri ile birlikte Karabük'te yer almaktadır [11]. Bunların çoğu Safranbolu ve civarında bulunmaktadır. Bilinenlerin dışında jeolojik hareketlere bağlı olarak çeşitli noktalarda oluşmuş bağımsız yapıda birçok ufak kanyon yarıkları da vardır. Tokatlı, Akçasu ve Gümüş kanyonları birbirleriyle birleşmektedir. Benzer şekilde Sırçalı, Düzce ve Sakaralan kanyonları da kendi içinde bağlanmaktadır. Doğal oluşumların kendine özgü biçimlenişleri yapay çevreden farklılaşmalarını sağlayarak ilgi çekici özellik de kazandırmaktadır.

Safranbolu'da plato düzlüklerinin üzerinde yer alan yüksek dağ ve tepelik alanlar, gür ve geniş ormanlık bölgeleri meydana getirmektedir [12]. Kent, Karadeniz ve İç Anadolu iklimi arasında geçiş kuşağında olması sebebiyle iklim çeşitliliğine bağlı olarak flora ve fauna açısından zengindir. Ayrıca kanyonlarında da kendi mikroklimasını yarattığı için bitki çeşitliliği fazladır.

Safranbolu'nun önemli özelliklerinden biri de tarihi doku ve doğal miras değerlerinin çoğu noktada iç içe veya birbirlerine yakın konumlanmasıdır. Eski Çarşı'nın içinden geçen kanyonun üzerinde veya kenarında tarihi yapılar yer almaktadır. Doğal oyuklar ve içinden su geçen tarihi

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

yeraltı geçitleri yatay ve düşeyde kentle bağlanmaktadır (Görsel 3). Bu yakın ilişki turizmle ilgili geliştirilecek bütüncül öneriler için önemli potansiyeller taşımaktadır.



Görsel 3. Eski Çarşı'daki yer altı geçidi ve doğal oyuk [13]

Kentin farklı miras türlerini barındırması turizm çeşitliliğinin sağlanmasını kolaylaştıracaktır. Eski Çarşı'nın çeperinde, Akçasu ve Gümüş derelerinin birleştiği alanda konumlanan Tabakhane bölgesi endüstri mirası özelliğindedir (Görsel 1). Bölgede deri üretiminin yoğun olarak yapıldığı döneme ait 84 adet imalathane ve üretimle türemiş kahvehane, cami, hamam gibi yapılardan günümüze yaklaşık 40'ı ulaşabilmiştir. Bunların birçoğu atıl durumdadır (Görsel 4). Kanyon duvarlarının içerisindeki oyuklar deri üretimine hizmet eden işlik mekânları olarak kullanılmıştır. Bu durum doğal peyzajla üretimin işlevsel olarak bir aradalığına örnektir. Bölgedeki kullanılmayan yapılar kanyon içinde geliştirilecek rotalara hizmet edebilecek mekânsal potansiyeller barındırmaktadır.



Görsel 4. Tabakhane bölgesinde atıl durumdaki üretim mekânları

Doğal miras kapsamının dar bir yelpazede düşünülmesi, doğal mirasın somut olmayan niteliklerinin göz ardı edilmesi, kültürel mirasın ve su mirasının yalnızca korunmasına ve kurtarılmasına odaklanılması, bu alanların sürdürülebilirliklerini engellemektedir [14].

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

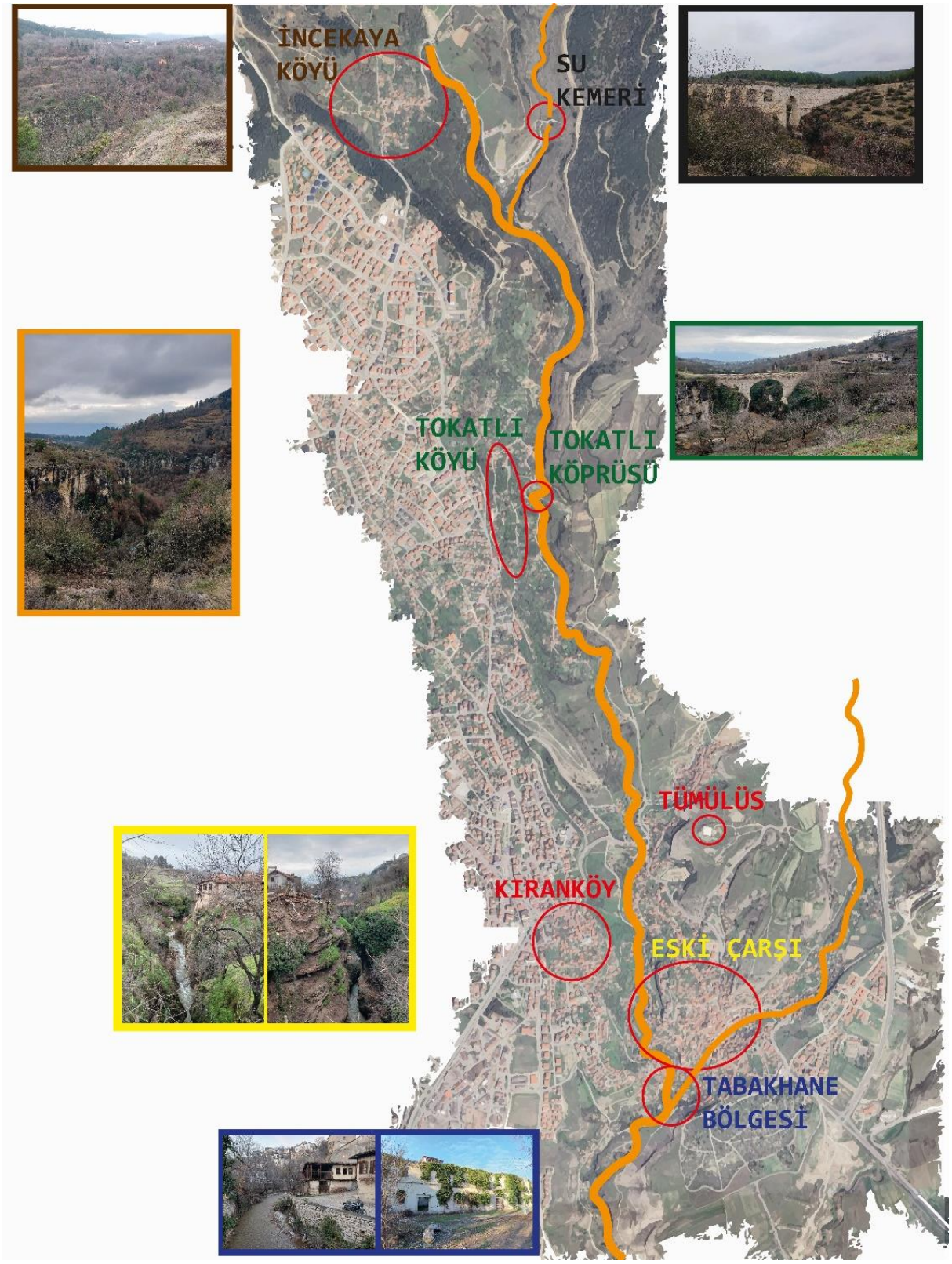
5. ÖNERİLER

Safranbolu'nun sahip olduğu doğal değerlerin koruma-kullanma dengesi içerisinde turizme kazandırılması kentte bu sektörde yaşanan bazı sorunların çözümü noktasında destek olacaktır. Bu kapsamda kentin doğal miras potansiyelleri değerlendirilerek jeoturizm, ekoturizm, kanyon turizmi gibi alternatif turizm türleri geliştirilmelidir. Doğal değerler arasında rotalar oluşturularak buraların görülebilmesi ve deneyimlenebilmesi sağlanmalıdır. Özellikle kanyonların birbirleri ile bağlanabilme özelliğinden yararlanılarak bütüncül rotaların elde edilebilmesi için önemli fırsatlar sunmaktadır. Buralar; trekking, kampçılık, doğa fotoğrafçılığı, hiking, yaban hayatı gözlemleme, su sporları, kaya tırmanışı vb. aktiviteler için elverişlidir.

Safranbolu'da sınırlı sayıda mimari mirası içeren mevcut gezi rotaları genişletilmelidir. Bu bağlamda Tabakhane, Kıranköy ve Bağlar bölgeleri turistik amaçlı gezi programlarına dahil edilmelidir. Ayrıca kentteki farklı miras türlerini (Kentsel miras, doğal miras, endüstri mirası, arkeolojik miras gibi) içeren rotaları birbirine entegre ederek kent kimliğinin bütüncül okumasının yapılabilmesi imkânı artırılmalıdır. Bu miras türlerinin birbirine yakın konumlanma özelliğinden faydalanılarak turizme hizmet edecek mekânsal ihtiyaçların karşılanmasında birbirlerini işlevsel olarak beslemeleri de sağlanmalıdır. Destinasyonun geliştirilmesine ve turistik çekiciliğin artırılmasına yönelik benzer/farklı türdeki turistik alanların üst ölçekte bütünleşmelerini sağlamak önemlidir. Bu kapsamda Karabük ölçeğinde miras alanlarını birbirine bağlayacak bütüncül gezi rotası oluşturulmalıdır.

Çalışmada, su kemerinin olduğu alandan başlayıp Tabakhane bölgesine erişen bir gezi güzergahı önerisinde bulunulmuştur (Görsel 5). Tokatlı, Gümüş ve Akçasu kanyonlarının içinden geçen yaya parkuru üzerinde geleneksel köyler (İncekaya ve Tokatlı köyler), tarihi köprüler, Eski Çarşı yerleşimi ve deri üretim bölgesi yer almaktadır. Bu kültürel değerler bütünü doğa turizmi için gelen ziyaretçiler tarafından görülüp deneyimlenebilecektir. Ayrıca mekânsal gereksinimler (konaklama, yeme içme, alışveriş vb.) için geleneksel yerleşimlerden faydalanılarak buralara ekonomik katkı da sağlanacaktır. Kanyonun sonlandığı alanda konumlanan Tabakhane bölgesi de doğa turizmine mekânsal destek olabilecek atıl yapı stokuna sahiptir. Buradaki binalar daha fazla zarar görmeden bir an önce yeniden işlevlendirilerek turizme ve kent yaşamına kazandırılmalıdır.

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



Görsel 5. Önerilen rota

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

6. SONUÇ ve DEĞERLENDİRME

Ağırlıklı olarak kültür turizminin yapıldığı Safranbolu'da mevcut turizm uygulamalarına bağlı olarak belirli miras alanı ve yapıları üzerinde yoğun kullanım baskısı oluşmaktadır. Bu bağlamda kaynaklar arasında kullanım dengesinin kurulmasına yönelik stratejilerin belirlenmesi önemlidir. Kültürel turizmin kentteki tüm mirası kapsayacak şekilde homojen şekilde yayılması bu dengeyi sağlayacak yöntemlerdendir. Bu sayede farklı kültürel değerlerin deneyimlenerek korumacılık konusunda farkındalık da artacaktır. Kentte turizmin geliştirilmesi ve sorunların çözümüne yönelik doğal miras değerleri de önemli potansiyellere sahiptir. Doğru planlama ve stratejilerle bu değerlerden daha çok yararlanılarak kentte turizm çeşitliliği (Jeoturizm, kanyon turizmi, ekoturizm gibi) sağlanabilir bir durumdur. Kentin turistik çekiciliğini de artıracak bu çeşitlenme, ziyaretçilerin kentte kalış sürelerinin uzatılması, tekrar gelmelerinin sağlanması ve turizmin yıl içinde daha geniş dönemlere yayılması konularında çözüme katkı yapacaktır. Ayrıca doğa sporları aktiviteleri ile doğal değerler deneyimlenebilecek ve tanıtılacaktır.

Farklı miras türlerinin bütüncül yaklaşımlarla bir arada ele alınması hem turizm destinasyonunu güçlendirecek hem de birbirlerinin gelişimine destek oluşturacaktır. Bu yüzden üst ölçeklerde de gezi rotaları kurgulanarak değerler bütün olarak sunulabilmelidir. Geliştirilecek çalışmalarda yakın konumlanan farklı türdeki miras değerlerinin işlevsel açıdan da birbirini besleyeceği göz ardı edilmemelidir. Özellikle atıl durumdaki tarihi yapıların turizme yönelik mekânsal ihtiyaçların karşılanması noktasında yeniden işlevlendirilmeleri bir yandan yaşayarak korunmalarını da sağlayacaktır. Mevcut mekân stokunun değerlendirilmesi yöntemi ile doğal çevrenin dokusunu bozabilecek yeni yapılaşmanın da önüne geçilecektir. Doğa turizmi ile geleneksel dokuya sahip köylerin ilişkilendirilmesi ekonomik katkının geniş alanlara yayılmasını ve kırsal kalkınmayı beraberinde getirecektir.

Doğal miras değerlerini turizme açarken koruma-kullanma dengesinin kurulması, ekolojik özelliklerin korunması, ziyaretçilerin mirasın önemi ve korunması konusunda bilgilendirilmeleri ve bilinçlendirilmeleri bu değerlerin zarar görmeden sürdürülebilirliklerinin sağlanmasında büyük önem taşımaktadır.

KAYNAKÇA

[1] https://www.kulturportali.gov.tr/portal/safranbolusehri (Erişim tarihi: 25.12.2024).

[2] Özköse, A., *Safranbolu Köylerinin Yöresel Mimarisi*, YEM Yayın, İstanbul, 2022.

[3] Türker, N., *Cultural Tourism in Safranbolu*, 12. International Research Conference of the Coincil for Australian University Tourism and Hospitality Education, 76-77, Western Australia, 2002.

[4] Özeren, E. B., Özkan Yazgan, E., Akalın, A., Olağanüstü Evrensel Değer Bağlamında Özgünlük ve Bütünlük: Safranbolu, Eski Çarşı, *TMD Uluslararası Hakemli Tasarım ve Mimarlık Dergisi*, (20), 1-33, 2020.

[5] Canbulat İ., *City of Safranbolu*, UNESCO World Heritage in Turkey 2016, Turkish National Commission for UNESCO, Grafiker, 225-251, Ankara, 2016.

[6] Koçan, N., *Tarihi Özellikleriyle Safranbolu Kenti-Çarşı Kesimi ve Peyzaj Mimarlığı Açısından İrdelenmesi,* Yüksek Lisans Tezi, Zonguldak Karaelmas Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Zonguldak, 2004.

[7] Strange, I., Local Politics, New Agendas and Strategies for Change in English Historic Cities. *Cities*, 13(6), 431-437, 1996.

[8] Öztürk, S. M., Yamaçlı, R., Safranbolu Eski Çarşı Bölgesinde Mekanın Tüketim Ekseninde İrdelenmesi, *Mimarlık ve Yaşam Dergisi*, 8(2), 393-414, 2023.

[9] Fidan, F., Gündoğdu, S., *İşlevini Yitirmiş Geleneksel Üretim Alanlarının Bütüncül Yaklaşımlarla Kente Kazandırılması: Safranbolu Tabakhane Bölgesi*, Ege 10. Uluslararası Uygulamalı Bilimler Kongresi, 2764-2778, İzmir, 2023.

[10] https://yigm.ktb.gov.tr/TR-201121/isletme-bakanlik-belgeli-tesis-konaklama-istatistikleri.html (Erişim tarihi: 25.12.2024).

[11] Böyükyılmaz, S., Oğan, Y., Kastamonu İlinde Bulunan Kanyonların Turizm Potansiyelinin Değerlendirilmesi Üzerine Bir İnceleme, *Journal of Tourism Intelligence and Smartness*, 3(2), 203-222, 2020.

[12] Hacısalihoğlu, İ. Y., Geleneksel Türk Şehri: Safranbolu, *Türk Coğrafya Dergisi*, (30), 409-434, 1995.

[13] Cemil Belder Kişisel Fotoğraf Arşivi (Erişim tarihi: 25.12.2024).

[14] Gündoğdu, S., Water Heritage Values in the Eastern Black Sea Region, International Journal of Cultural Property, (30), 198–229, 2023.

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

İÇMİMARLIK EĞİTİMİNDE TASARIM STÜDYOSU DERSLERİ KAPSAMINDA GELİŞTİRİLEN PROJE FİKİRLERİ: SOSYODİJİTAL MÜZE ÖRNEĞİ

Doçent Elif ÖZDOĞLAR
Kütahya Dumlupınar Üniversitesi Mimarlık Fakültesi
elif.ozdoglar@dpu.edu.tr- 0000-0002-9997-9487

Doçent Dr. Çağrı YALÇIN
Kütahya Dumlupınar Üniversitesi Mimarlık Fakültesi
cagri.yalcin@dpu.edu.tr- 0000-0002-8408-9190

ÖZET

İçmimarlık, yeni bir akademik çalışma alanı olarak algılansa da kökeni, Osmanlı'nın ve Türkiye Cumhuriyeti'nin akademi düzeyindeki ilk sanat okulu olan Sanayi-i Nefise mektebi bünyesinde 1923 yılında açılan Tezyini Sanatlar Bölümü'ne dayanmaktadır. Bu eğitim alanı doğası gereği hem teori hem de uygulama çalışmalarını içermektedir. Bu süreçte öğrencinin tüm derslerde edindiği bilgileri; hayal gücü, tasarım dağarcığı ve kültürel birikimiyle harmanlayarak kullandığı mesleğin temelini oluşturan ders tasarım stüdyosu dersleridir. Farklı akademik programlarda proje, iç mekan tasarım gibi adlarla da yer alan ders yine kurumların programlarındaki çeşitlilik doğrultusunda altı ve sekiz dönem arası planlanabilmektedir.

Öğrenciler her dönem proje geliştirirken çok çeşitli konularda, inovatif mimari çözümler ve yaratıcı öneriler geliştirmektedir. Ancak bu proje fikirlerinin toplandığı yerel veya küresel bir platform bulunmamaktadır. Böyle bir platformun eksikliği Dünya'da ve Türkiye'de mimarlığın gelişmesi açısından eğilinmesi gereken bir durumdur. Bunun yanı sıra bu çalışmaların meslek insanları arasındaki paylaşımları da genellikle dönem sonu sergileri ve sosyal medya ile sınırlı kalmaktadır. Sosyal bilimler, diğer bilim alanlarının ve Dünya'nın gelişmesi için gereken tüm teorik alt yapıyı çeşitli alt disiplinleri aracılığı ile sağlamaktadır.

2023-2024 Eğitim ve Öğretim Yılı'nda, Elif ÖZDOĞLAR ve Çağrı YALÇIN atölyesinde beş öğrenciden oluşan bir öğrenci grubuyla sosyal bilimleri dijital yöntemle teknolojiden güç alarak anlatabilecek bir müze projesi modeli oluşturmaya çalışılmıştır. Sosyodijital müze olarak isimlendirilen bu konseptin hem teknik çizimleri hem de bilgisayar destekli görselleştirmeleri kabuk olarak belirlenen bir yapı projesi üzerinden geliştirilmiştir. Bu araştırmanın amacı bu fikir projesinin akademik alt yapısını oluşturmak ve fütüristik bir konsept olarak sunmaktır. Çalışma kapsamında öğrencilerin ve proje yöneticilerinin konuya akademik bakış açıları, projenin konsepti ve tematik alt yapısı, tasarım detayları ve Sosyodijital müze önerisi paylaşılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Sosyal Bilimler, Sosyodijital Müze, İç Mekan Tasarımı

ABSTRACT

Although interior architecture is perceived as a new academic field of study, its origins date back to the Department of Decorative Arts, which was opened in 1923 within the Sanayi-i Nefise School, the first academy level art school in the Ottoman Era and Turkish Republic. This field of education inherently includes both theory and practice. During this process, the courses that form the basis of the profession that the student uses by blending the knowledge acquired in all courses with his imagination, design vocabulary and cultural background are design studio

courses. The course, which is also included in different academic programs under the names of project and interior design, can be planned between six and eight semesters, again depending on the diversity in the programs of the institutions.

Students develop innovative architectural solutions and creative suggestions on a wide range of subjects while developing projects each semester. However, there is no local or global platform where these project ideas are collected. The lack of such a platform is a situation that needs to be addressed in terms of the development of architecture in the world and in Turkey. In addition, the sharing of these studies among professionals is usually limited to end-of-term exhibitions and social media. Social sciences provide all the theoretical infrastructure required for the development of other scientific fields and the world through its various sub-disciplines.

In the 2023-2024 Academic Year, a museum project model that can explain social sciences with the power of technology was tried to be created with a group of five students in the workshop of Elif ÖZDOĞLAR and Çağrı YALÇIN. Both the technical drawings and computer-aided visualizations of this concept called sociodigital museum were developed through a structure project determined as a shell. The aim of this research is to create the academic infrastructure of this idea project and present it as a futuristic concept. Within the scope of the study, the academic perspectives of the students and project managers on the subject, the concept and thematic infrastructure of the project, design details and the sociodigital museum proposal were shared.

Key words: Social Sciences, Sociodigital Museum, Interior Design

1. GİRİŞ

Osmanlı topraklarında 1847 yılında Mühendishane-i Berr-i Hümayun'un müfredatına mimarlık alanına dair batılı anlayışla hazırlanan dersler konulduğu bilinmektedir (Bardak, 2007). Osmanlı'nın ve Türkiye Cumhuriyeti'nin akademi düzeyindeki ilk sanat okulu olan ve 1883 yılında eğitim-öğretime başlayan Sanayi-i Nefise mektebi Hicri 1340'taki okul yönetmeliği doğrultusunda Sanayi-i Nefise mektebi öğrencilerinin on beş- yirmi beş yaş arası olması, orta öğretim ya da ortaöğretimin ilk yarısını tamamlamış olması beklenmiş ve mezun olsalar dahi otuz yaşına kadar atölyeleri kullanmalarına izin verilmiştir (Doğan&Özdoğlar, 2015).İçmimarlık, yeni bir akademik çalışma alanı olarak algılansa da kökeni, Sanayi-i Nefise mektebi bünyesinde 1923 yılında açılan Tezyini Sanatlar Bölümü'ne dayanmaktadır (Aytıs, 2022). Tezyini Sanatlar Bölümü'ne sanat ve modelleme sınavları ile girilmiş, lise eğitiminde sanat veya modellemeden çok iyiye denk gelen notu almış olan öğrenciler ise sınavsız kayıt yaptırabilirmişlerdir (Doğan&Özdoğlar,2015).

2018 yılında yetenek sınavlarının kaldırılmasından sonra iç mimarlık alanında eğitim alan öğrencilerin sanat ve estetik anlamında gereken doygunluğa ulaşmaları yalnız akademi düzeyinde sağlanmaya başlanmıştır. Meslek liseleri ve güzel sanatlar liselerinde eğitim görmüş öğrencilerin öncelikli tercihlerinden olan bölüm, sistemin değişmesi ile ülke genelinde Sayısal ve EA puanı ile öğrenci alımına başladığından öğrenci profili de değişmiştir. Bu değişim ve dönüşüm sonrası müfredatın genellikle ilk yılında verilen temel sanat eğitimi, temel tasarım, sanat tarihi, iç mekan tasarımına giriş, perspektif, tasarı geometri gibi sanat ve tasarım temelinin verileceği derslerin ehemmiyeti ve dersi yürüten akademisyenin sorumluluğu da artmıştır. Tüm bu derslerde öğrenciler alanın özü ile iletişim kurmaktadır. İç mimarlık eğitimi sürecinde öğrencinin tüm derslerde edindiği bilgileri; hayal gücü, tasarım dağarcığı ve kültürel

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

birikimiyle harmanlayarak kullandığı mesleğin omurgasını oluşturan ders tasarım stüdyosu dersleridir. Farklı akademik programlarının müfredatlarında proje, iç mekan tasarımı gibi adlarla da yer alan ders yine kurumların programlarındaki çeşitlilik doğrultusunda altı ve sekiz dönem arası planlanabilmektedir. Genel olarak Türkiye'de İç mimarlık bölümleri ''İç Mimarlık'' ve ''İç Mimarlık ve Çevre Tasarımı'' olarak iki şekilde isimlendirilmektedir. Yükseköğretim Kurulu'nun (YÖK) verilerine göre, "İç Mimarlık" programı 36 üniversitede, "İç Mimarlık ve Çevre Tasarımı" programı ise 64 üniversitede bulunmaktadır. Bu programlar, devlet ve vakıf üniversiteleri bünyesinde yer almakta olup, eğitim dili ve burs olanakları gibi farklılıklar gösterebilmektedir.

İç mimarlık alanı yaratıcı ve inovatif doğası gereği tasarım teknolojilerine hızlı bir biçimde uyum sağlayabilmiştir. Yenilik, hız, değişim, dönüşüm, yaratıcı eğilim, tasarım, inovasyon bu mesleği tanımlayan temel kavramlardır. İçmimarlık eğitiminde, geleneksel ifade yöntemlerine ek olarak dijital teknolojiler, tasarım sürecini görselleştirme konusunda destek sağlamaktadır (Mecek &Kırıcı, 2019) Üç boyutlu görselleştirme aracılığı ile öğrenci-öğrenci, öğrenci-ders yürütücüsü, meslek profesyoneli-müşteri iletişimlerindeki açmazlar ve anlaşmazlıklar minimuma inmektedir. Bugün iç mimarlık alanında ''CAD'' aracılığıyla projelerin çizim süresi %5-%20 oranında kısalmaktadır. Sanal gerçeklik tasarım hatalarının tespitinde önemli bir rol oynamaktadır (Bardak, 2007). CAD tabanlı çizim programları hızın yanı sıra çizere esneklik sağlama ve alternatif üretme hususlarında da destek olmaktadır. Uzaktan eğitim sürecinde sıklıkla deneyimlenen ''Sanal Tasarım Stüdyosu'' kavramı, ilk kez 1990 yılında MIT Media Laboratuvarı'nda W. Mitchell tarafından bir konferansta dile getirilmiştir. Bu kavram, o tarihten günümüze kadar çeşitli ülkelerdeki birçok üniversitede, uluslararası düzeyde bilgisayar destekli ortak tasarım çalışmaları için farklı yöntem ve yaklaşımlarla uygulanmaya çalışılmıştır (Sakarya, 2019). Sanal gerçeklik ve arttırılmış gerçeklik uygulamaları ise dijital mekanın fiziksel deneyimini sunmaktadır. Sanal gerçeklik, tasarımcıların projelerini daha gerçekçi bir şekilde simüle etmelerine olanak tanırken, aynı zamanda projeyi derinlemesine kavramalarına ve etkili bir şekilde ifade etmelerine katkı sağlamaktadır (Nas & Kavut, 2023) Şekerci sanal gerçeklik öğrencinin konumunu aktifleştirdiğine değinmektedir. Kılıç ise sanal gerçekliği VR teknolojilerine ait donanımların kullanım tecrübelerinden ziyade daldırma ve bulunma hisleri üzerine bir deneyim olarak tanımlamaktadır (Kılıç, 2020). Daldırma bugün Dubai'de bulunan ''Museum of the Future'' gibi pek çok müzenin iç mekan tasarımında kullanılan bir animasyon tekniğidir. Eğitime bu denli entegrasyon sağlamış teknoloji tabanlı teknik ve uygulamaların mekanların tasarımlarına da yansıyacağını ön görmek mümkündür. Müze iç mekânlarında dijital tasarım unsurları, ziyaretçilere daha etkileyici ve etkileşimli bir deneyim sunmak amacıyla kullanılan yaratıcı çözümleri içerdiğinden bu kulvardaki güncel örneklerin çoğalacağını ve çeşitleneceği söylenebilir.

2. BULGULAR

Müze tasarımında kullanılan dijital tasarım unsurları, modern teknolojilerin sunduğu olanaklarla ziyaretçi deneyimini çok yönlü olarak zenginleştiren ve sergilerin daha etkileşimli bir biçimde sunulmasını sağlayan temel araçlar arasında yer almaktadır. Bu unsurlar, yalnızca görsellik ve etkileşim sağlamaktan öte, ziyaretçilerin mekânlarla ve sergilenen eserlerle daha derin bir bağ kurmasına yardımcı olmaktadır. Bu bağlamda, Dijital Projeksiyon Haritalama (Projection Mapping), Artırılmış Gerçeklik (AR), Etkileşimli Dokunmatik Ekranlar, Sanal Gerçeklik (VR), Akıllı Işıklandırma Sistemleri ve Holografik Görseller, dijital tasarımın müze mekânlarındaki en etkili uygulama alanları olarak öne çıkmaktadır.

Dijital Projeksiyon Haritalama teknolojisi, sergi alanlarını statik birer izleme alanı olmaktan çıkararak, dinamik bir görsel hikâye anlatımına olanak tanımaktadır. Bu teknoloji, sergi mekânlarının duvarlarına, tavanlarına ve zeminlerine yansıtılan görsellerle mekânı adeta bir sanat eseri hâline dönüştürür. Van Gogh Alive ve Da Vinci sergilerinde kullanılan bu teknoloji, sanat eserlerini sadece izlenebilir olmaktan çıkarıp ziyaretçilerin içine dahil olabileceği bir deneyim hâline getirmektedir. Aynı şekilde, Sezen Aksu Sergisi gibi tematik etkinliklerde bu teknoloji, hikâyelerin güçlü bir görsellik ve duygusal bağla aktarılmasını sağlamaktadır.
Artırılmış Gerçeklik (AR) uygulamaları, fiziksel dünyayı dijital öğelerle zenginleştirerek sergilenen eserlerin daha derinlemesine anlaşılmasına olanak tanımaktadır. Bu teknoloji, ziyaretçilere geçmişteki olayları, mekânları ve nesneleri dijital olarak yeniden keşfetme fırsatı sunar. British Museum (Londra), AR teknolojisi ile sergilediği eserlerin orijinal hâllerini ve kullanım alanlarını ziyaretçilere detaylı bir şekilde sunmaktadır. Türkiye'den bir diğer örnek olan Truva Müzesi (Çanakkale), antik döneme ait konutların ve yaşam alanlarının AR teknolojisiyle ziyaretçilere aktarılmasını sağlamaktadır. Bu sayede ziyaretçiler, tarihsel bir bağlam içinde o dönemin yaşamına dair somut bir deneyim yaşayabilmektedir.
Etkileşimli dokunmatik ekranlar, ziyaretçilerin bilgiye erişimini kolaylaştıran ve sergilenen eserlerle daha kişisel bir bağ kurmalarını sağlayan bir diğer önemli teknolojidir. Bu ekranlar hem bilgilendirici hem de eğitici bir araç olarak kullanılmaktadır. Smithsonian Ulusal Doğa Tarihi Müzesi, dinozor iskeletlerinin 360 derece incelenmesini sağlayarak, ziyaretçilere eserlerle birebir etkileşim kurma imkânı sunmaktadır. İstanbul Modern ise dijital ekranlar aracılığıyla sanatçı biyografilerini ve eser analizlerini detaylı bir şekilde sunarak, ziyaretçilerin sergileri daha bilinçli bir şekilde incelemesine olanak tanımaktadır.Sanal Gerçeklik (VR) teknolojisi, ziyaretçilere sanal bir ortamda sergilenen eserleri deneyimleme fırsatı sunmaktadır. Bu teknoloji, mekânları fiziksel sınırların ötesine taşıyarak tarihin ya da sanatın farklı dönemlerine adeta bir "zaman yolculuğu" yapılmasına imkân tanır. Louvre Müzesi (Paris), ziyaretçilere VR gözlükleri aracılığıyla Mona Lisa'nın yaratıldığı dönemi birebir deneyimleme fırsatı sunmaktadır. Anadolu Medeniyetleri Müzesi ise antik kentleri VR teknolojisiyle yeniden canlandırarak, ziyaretçilere o dönemin yaşamına dair gerçekçi bir anlayış sunmaktadır.
Akıllı ışıklandırma sistemleri, sergi alanlarının atmosferini şekillendiren ve eserlerin belirginliğini artıran önemli bir teknolojik unsurdur. Bu sistemler, mekânın genel estetik değerine katkı sağlarken, ziyaretçilerin dikkatini eserler üzerinde yoğunlaştırmak amacıyla tematik bir araç olarak da kullanılmaktadır. Tokyo Digital Art Museum, dinamik ışıklandırmalar ve dijital projeksiyonlarla mekânı interaktif bir sanat eseri hâline dönüştürerek, ziyaretçilere benzersiz bir görsel deneyim sunmaktadır. Holografik görseller, sergilenen içeriklerin üç boyutlu canlandırılmasını sağlayarak ziyaretçilerin mekânla daha güçlü bir bağ kurmasına olanak tanımaktadır. Bu teknoloji hem görsel etkileyicilik hem de hikâye anlatımı açısından önemli bir yere sahiptir. Atatürk Devrimleri Müzesi, holografik teknolojiyi Atatürk'ün konuşmalarını canlandırmak için kullanarak, ziyaretçilere tarihi ve duygusal bir bağ kurma fırsatı sunmaktadır.
Türkiye'de dijital teknolojileri etkin bir şekilde kullanan müzeler, yenilikçi yaklaşımlarıyla dikkat çekmektedir. İstanbul Robot Müzesi, tamamen teknoloji odaklı bir yaklaşımla geleceğin teknolojilerini tanıtan bir müzedir. Panorama 1453 Tarih Müzesi, ses ve dijital unsurları bir araya getirerek, tarihsel olayları ziyaretçilere etkileyici bir şekilde aktarmaktadır. Efes Deneyim Müzesi ise Dijital Projeksiyon Haritalama teknolojisiyle tarihsel bağlamı zenginleştirerek özgün bir ziyaretçi deneyimi sunmaktadır. NFT sanat eserleri'nde Refik Anadol ön plana çıkan isimlerdendir. Bu eserlerin sergilemeleri de işin kimliğine uygun gerçekleştirilmektedir. Bu tekniğin vitrin ve girişlerde de kullanılması dinamik mekanların geleceğine dair bir perspektif sunmaktadır. Arzu Kaprol İstanbul moda haftasında VR defile gerçekleştirmiştir. Ayrıca yapay

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

zeka bugün eğitimin her alanında aktif şekilde kullanılmaktadır. Bu çalışmanın amacı tasarım stüdyosu V dersi kapsamında geliştirilen sosyodijital müze kavramını irdelemektir.

3. SONUÇLAR VE DEĞERLENDİRME

Dijital tasarım unsurları, müze mekânlarını yalnızca sergileme alanları olmaktan çıkarıp, ziyaretçilerin aktif katılımını teşvik eden, kültürel mirası daha geniş kitlelere etkili bir şekilde aktarabilen dinamik platformlara dönüştürmektedir. Bu teknolojiler, kültürel ve sanatsal içeriklerin geleceğe taşınmasında önemli bir köprü görevi görmektedir. Tasarım stüdyosu derslerinde her dönem dijital tasarım unsurları kullanılarak çok sayıda konsept ve fikir geliştirilmekte ve projelendirilmektedir. Ancak bunların derlendiği ve sunulduğu etkin platformlar bulunmadığından tozlu raflarda tarihin derinliklerine gömülmektedirler. Sosyodijital müze konsepti sosyal bilimlerin, sosyal psikoloji, felsefe gibi müzeleştirilmemiş alanlarına sahip çıkan ve onu güncel teknolojilerle izleyici deneyimi açısından çağa adaptasyonunu sağlayan bir projedir. Bu proje Kütahya Dumlupınar Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi, İç Mimarlık Bölümü, Elif ÖZDOĞLAR ve Çağrı YALÇIN Atölyesi'nde dördüncü sınıf güz dönemi tasarım stüdyosu V dersi kapsamında altı kişilik bir öğrenci grubu tarafından oluşturulmuştur. Grup öğrencileri Ali Eser, Burak Cankıymaz, Ekin Doğan, Enes Terzi Mustafa Adil Ketab Al Salman ve Serhat Yalçınkaya'dır. Grup öğrencileri tarafından Projenin asıl amacı, ‘‘ziyaretçilere sosyal bilimler noktasında daha önceden yapılmış sosyopsikolojik deneyleri düşündürecek, eğlendirecek ve hatta deneyimleyebilecekleri ve felsefe alanındaki kavram kargaşalarına çözüm getirebilecekleri bir müze sunmaktır.’’olarak belirtilmiştir. Yapılan araştırmalarda Türkiye'de daha önce buna benzer sosyal bilimlerle ilgili farklı müzelerin tasarlandığı fakat bu müzelerin deneyim odaklı olmadığı ve dijital müzecilik anlayışından yararlanmadıkları fark edilmiş araştırmanın problemini ise bu çıkarım oluşturmaktadır. Sosyodijital Müze adının belirlenmesinin nedeni müzenin gelişmekte olan yüksek teknolojinin bir yansıması olmasından kaynaklanmaktadır. Tasarım sürecinde yapay zekadan da yararlanılmıştır.



Görsel 1: Yapay Zeka ve Pavlov

Müzede bulunan dijital kütüphaneyi diğer kütüphanelerden ayıran özelliği ziyaretçilere dijital öğrenme olanakları sunmasıdır. Bununla birlikte müzeyi ziyaret eden görme engelli bireylerin

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

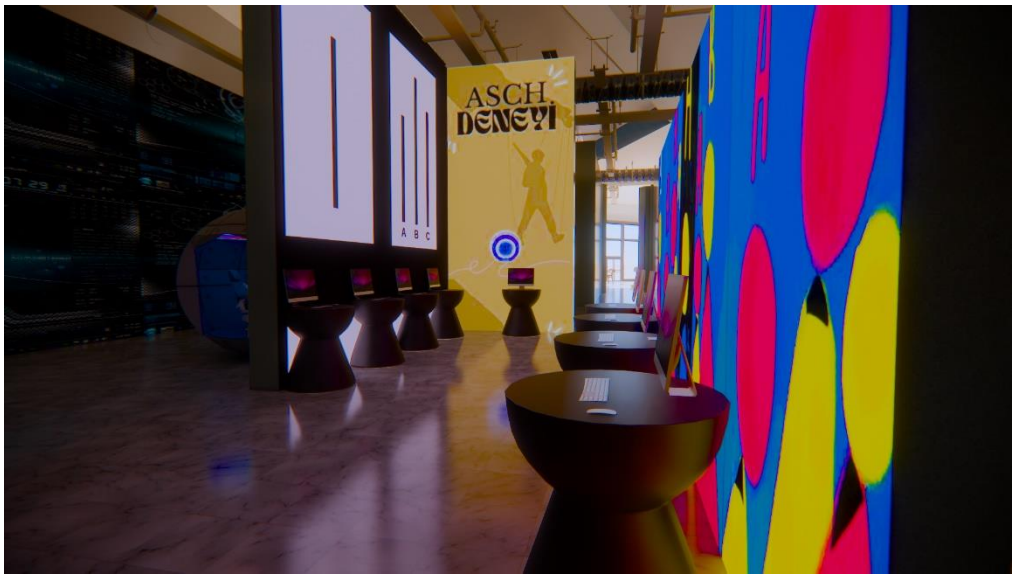
bilgiye erişimini kolaylaştıran sistemler kullanılmıştır. Bir diğer bölüm olan artırılmış gerçeklik kapsülleri iç tasarımında bulunan otomo stereoskopik 3D Ekranlar sayesinde ziyaretçileri hayal gücünün sınırlarında felsefe tarihi konusunda bir yolculuğa çıkarmaktadır. Ayrıca koridorlara yerleştirilen ekranlarda yapılacak bilgilendirmelerle özellikle sosyal medyanın yol açtığı aforizma kirliliğine çözüm sunulması düşünülmüştür. Müzenin fuaye alanında ise ziyaretçileri oturma alanları ile dijital kafe karşılamaktadır. Bu kafede kullanıcılar yapay zekaya sipariş verebilmekte ve robot garsonlardan hizmet almaktadır. Ayrıca felsefecilerin hologramları izleyicilerle duyusal bağ da kurmaktadır. Bar taburelerinde elektromanyetik sistemlerden yararlanılması düşünülmüştür. Müzenin çeşitli yerlerine konumlandırılan çekim alanlarında adımlar izlenerek poz verildiğinde ziyaretçinin filozofisini sevdiği felsefeci ile tartıştığı bir video oluşmaktadır. Hediyelik eşya satış, vestiyer, bekleme gibi bölümlerde de dokunmatik ekranlar, dijital yönlendirmeler ve dekoratif olarak nft sanat eserleri kullanılması düşünülmüştür.



Görsel 2: Artırılmış Gerçeklik Kapsülleri

Müzenin sergileme alanlarında deneyler için ayrılan farklı konseptlerde tasarlanmış alanlar bulunmaktadır. Bu alanlarda izleyicilerin deneylerden olumsuz etkilenmemesi için hiperrealistik bir üslup tercih edilmemiş, deneyler oyunsal bir deneyim biçiminde sunulmaya çalışılmıştır. Bu alanlardan bazıları Pavlov'un köpeği deneyi, Asch uyum deneyi, Tramvay deneyi ve Mahkûm ikilemi deneyidir. Pavlov'un köpeği deneyi ses ve eylem arasında şartlı refleks geliştirilmesine dayanmaktadır (Güven & Kınıkoğlu, 2021) (Aykın ve diğerleri, 2023). *Hayvan deneyleri*. Yeni İnsan Yayınevi. Bu kısımda belirli aralıklarla bir ses yankılanması ve ziyaretçilere müzenin reklamını yapacak ve dönemsel konseptlerle örtüşecek ikramlarda bulunulması düşünülmüştür. Örneğin, yılbaşında müzenin logosunu taşıyan ve dönemle örtüşen minik hediyeler sunulması gibi… Asch uyum deneyi ise basit sorulara verilen kitleye uyarak doğru cevap verememeye dayanmaktadır. Bu alanda ziyaretçiler önlerinde bulunan ekranlarda çıkan sorulara yanıt verirler. Ancak ekran ve bağlı bulunduğu algoritma izleyicileri hem güldürecek hem düşündürecek yanlış yanıtlar verir. (Battal ve diğerleri, 2018)

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



Görsel 3: Asch Deneyi

Tramvay deneyinde tramvay, üzerinde beş kişinin bağlı olduğu bir yolda ilerlemektedir ve onları ezmesi kaçınılmazdır. Tek kaçış yolu, bir makas kolu sayesinde tramvayı başka bir yola yönlendirmektir. Ancak bu yolda da araç bir kişiye zarar verecektir. Bu deney bu minvalde ahlak felsefesini irdeleyen kült bir çalışmadır. Bu alanda bir tramvay bulunur. Holografik bir tramvay yer alır ön kısmında bulunan dijital ekran ve önünde bulunan kol sayesinde katılımcılar hangi tercihi yapacaklarını seçerler. Ancak seçim hayati unsurlar barındırmayan her seferinde farklı alternatifler sunan bir biçimde düzenlenecektir. Mahkum ikilemi deneyi ise stres altında suç ortaklığının devamlılığı durumunda suçun düşebileceğini değerlendirir. Bu kısımda aileler ya da arkadaş grupları deneyim başlamadan eğlenceli bir konu verilerek tartışmalarına izin verildikten sonra ayrı alanlara alınır ve bir oyun oynarlar ve dijital ayna aracılığı ile kendilerini mahkum kostümü ile fotoğraflamaları sağlanır (Tecim&Kaya, 2018).



Görsel 4-5 Mahkum Deneyi

4. GENEL DEĞERLENDİRME

Gelecekçi, inovatif, yaratıcı çok sayıda çözümün geliştirildiği bu derslerin dokümanlarının arşivleneceği bir platformun eksikliği hem öğrencileri her proje başında benzer örneklere ulaşma anlamında zaman kaybettirmekte hem de uzun soluklu bu ürünlerin yok olmasına neden olmaktadır. Eğitimin dijitalleştiği bu çağda dijital arşivleme ve dijital paylaşım olanaklarından yararlanmak adına gerekli platformlar oluşturulmalıdır. Bu araştırmada sosyodijital konsept

deneyleri oyuna dayalı bir dille sunan, servis ve hizmet alanlarına teknolojiyi eklemleyen, felsefe alanındaki bilgi kirliliğine ışık tutan, sergileme alanlarında mekanın kullanıcı ile bağ kurmasını sağlayan gelecekçi bir örnektir. Müzecilik anlayışının gelecekte izleyici ve kullanıcı deneyimiyle daha etkin bir bağ kuracağını söylemek mümkündür. Bu nedenle müze tasarımlarında deneyim faktörünün değerlendirilmesi ve klasik disiplinlerin dışına çıkılması önem arz etmektedir. Ayrıca iç mimarlık eğitiminde geleneksel metodların çağdaş metodlarla bütünleşmesi öğrencilerin geleceğin Dünya'sına daha kolay adapte olmalarını sağlayacaktır.

KAYNAKÇA

Aykın, A. G., Deveci, A., Yıldız, Ö., & Karatuğ, M. (2023). Klasik Koşullanma Ve Spor Eğitimi Açısından Doğurguları. *Spor, Sağlık ve Eğitim Araştırmaları Dergisi*, *2*(1), 22-28.

Aytıs, S., Tezyinî Sanatlar'dan İç Mimarlık Bölümü'ne: Tezyinî Sanatlar'dan İç Mimarlık Bölümü'ne. *Tasarim+ Kuram*, *18*(36), 1-17, 2022.

Bardak, S., *İç mimarlık eğitiminde bilgisayar destekli tasarımın yeri ve sorunları* (Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, MSGSÜ), 2007

Battal, F., Yıldız, Ş., Kılıçaslan, Ş., & Çınar, E. (2018). Solomon Ash Uyumluluk Deneyi ve Bireylerin Karar Verme Tarzları Arasındaki İlişki (Türkiye Örneği), 2018.

Doğan, C., & Özdoğlar, E., Starting and today of the interior architecture education; a comparative research on the models of mimar sinan fine arts university, sanayi-i nefise mekteb-i alisi (former mimar sinan fine arts university) and ecole des beaux arts. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, *174*, 4108-4116, 2015.

Güven, Y. Ö., & Kınıkoğlu, O., *Hayvan deneyleri*. Yeni İnsan Yayınevi, 2021.

Tecim, E. & Kaya, R., Sosyal sermaye ve sivil toplum. *Muhafazakar Düşünce Dergisi Sayı 29-30: Sivil Toplum-Ara Kurumlar*, 3, 2018.

Kılıç, T., *Sanal gerçeklik teknolojisinin iç mimarlık eğitiminde kullanılmasına yönelik bir öğretim modeli önerisi* (Doktora Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, MSGSÜ), 2020.

Mecek, Y. S., & Kırıcı, S. İçmimarlık Eğitiminde Dijital Tasarım. *Mekansal Çalışmalar Dergisi, 1*(1), 37-47, 2019

Nas, S., & Kavut, İ. E. (2023). İç mimarlık eğitiminde sanal gerçeklik uygulamalarının önemi. *Mimarlık ve Yaşam*, *8*(2), 285-298.

Sakarya, K., İç mimarlik eğitimine yönelik uzaktan eğitim modeli önerileri. *Çukurova Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, *28*(2), 388-401, 2019

Şekerci, C., *Sanal gerçekliğin iç mimarlık eğitimine etkisi*, (Yüksek Lisans Tezi, Güzel Sanatlar Enstitüsü, Hacettepe Üniversitesi), 2017.

https://www.istanbulrobotmuzesi.com/

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

https://naturalhistory.si.edu/

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

MİTOLOJİNİN MODERNİZASYONU ALACAKARANLIK SERİSİ VE KURGUSAL MEKAN

Doçent Dr. Çağrı YALÇIN
Kütahya Dumlupınar Üniversitesi Mimarlık Fakültesi
cagri.yalcin@dpu.edu.tr- 0000-0002-8408-9190

Doçent Elif ÖZDOĞLAR
Kütahya Dumlupınar Üniversitesi Mimarlık Fakültesi
elif.ozdoglar@dpu.edu.tr- 0000-0002-9997-9487

İç Mimar İlayda KUŞ
Kütahya Dumlupınar Üniversitesi Mimarlık Fakültesi
İlayda.kus0@dpu.edu.tr- 0009-0008-0147-3957

ÖZET

Vampirlerin doğaüstü bir karakter olarak ele alındığı ilk alan mitolojidir. Mezopotamya mitolojisinden Yunan mitolojisine kadar uzanan çeşitli varyasyonlarda, vampir karakterleri antik çağlardan itibaren küresel düzeyde yorumlanmıştır. Edebiyat alanında ise bu figür, Hint kökenli ‘‘Vikram ve Vampir’’ adlı eserle yer bulmuştur. 19. yüzyılda J. Sheridan Le Fanu’nun ‘‘Carmilla’’ eseri ile dişi vampir, Bram Stoker’ın ‘‘Drakula’’ eseri ile ise erkek vampir temsilleri modern bir perspektifle yeniden şekillendirilmiştir. Bu eserler, vampir türünün genel özelliklerini ve yaşam alanlarını tanımlayarak türün edebi temellerini oluşturmuştur. 20. yüzyılın başında, bu temellerden hareketle üretilen ‘‘Nosferatu: Bir Dehşet Senfonisi’’ adlı sinema filmi, vampir figürünü görsel olarak tamamlamıştır.

20.yy’ın sonları ve 21.yy’ın başlarında, vampir teması sinemada modernizasyon sürecine girmiştir. Anne Rice ve Stephenie Meyer gibi yazarların edebi eserleri, vampir sineması türünde üretilen filmlerin sayısını artırmış ve nitelik açısından çeşitlenmesini sağlamıştır. Orijinal isimleriyle ‘‘Buffy the Vampire Slayer’’, ‘‘Interview with the Vampire’’, ‘‘Twilight’’serisi ve ‘‘Hotel Transilvania’’ gibi yapımlar bu dönüşüme örnek olarak gösterilebilir. 21. yüzyılda etkisini giderek artıran vampir fenomenolojisi, bu eserleri popüler kültürün önemli bir parçası haline getirmiştir.

Bu araştırma, Twilight (Alacakaranlık) serisi üzerinden mitolojinin modernizasyon sürecini incelemeyi, vampirin doğaüstü bir karakterden popüler kültür nesnesine evrimini analiz etmeyi ve filmleri fiziksel ve dijital mekân bağlamında çok yönlü olarak değerlendirmeyi amaçlamaktadır. Bu bağlamda, serinin filmleri izlenmiş ve konuya ilişkin kapsamlı bir literatür çalışması yapılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Alacakaranlık Serisi, Mitoloji, Vampir

ABSTRACT

The first area where vampires were treated as supernatural characters was mythology. Vampire characters have been interpreted globally since ancient times in various variations ranging from Mesopotamian mythology to Greek mythology. In the field of literature, this figure found a

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

place in the Indian-origin work ‘‘Vikram and the Vampire’’. In the 19th century, the representation of the female vampire was reshaped from a modern perspective with J. Sheridan Le Fanu’s work ‘‘Carmilla’’ and the male vampire with Bram Stoker’s work ‘‘Dracula’’. These works defined the general characteristics and living spaces of the vampire genre and formed the literary foundations of the genre. At the beginning of the 20th century, the movie ‘‘Nosferatu: A Symphony of Horror’’, which was produced based on these foundations, visually completed the vampire figure.

In the late 20th century and early 21st century, the vampire theme entered a modernization process in cinema. Literary works of writers such as Anne Rice and Stephenie Meyer increased the number of films produced in the vampire cinema genre and diversified them in terms of quality. Productions with their original names such as ‘‘Buffy the Vampire Slayer’’, ‘‘Interview with the Vampire’’, ‘‘Twilight’’ series and ‘‘Hotel Transilvania’’ can be given as examples of this transformation. Vampire phenomenology, which has been increasingly influential in the 21st century, has made these works an important part of popular culture.

This research aims to examine the modernization process of mythology through the Twilight series, to analyze the evolution of the vampire from a supernatural character to a popular culture object, and to evaluate the films in a multi-faceted manner in the context of physical and digital space. In this context, the films of the series were watched and a comprehensive literature study was conducted on the subject.

Key words: Twilight Series, Mythology, Vampire

1. GİRİŞ

Vampirlerin doğaüstü bir karakter olarak ele alındığı ilk alan mitolojidir. Mezopotamya mitolojisinde dişi bir şeytan olan Lamaştu yeni doğum yapmış kadınları ve evlatlarını hedef alan bir karakterdir. (Bottéro, 2001). Yunan mitolojisinde ise dişi bir karakter olan Lamia benzer nitelikler gösterir (Akyıldız Ercan, 2013) Türk mitolojisinden komşu topraklardaki Slav mitolojilerine de geçiş yapan meçkey ve ubırlar söz konusudur (Karakurt, 2011). Edebiyat alanında ise bu figür, Hint kökenli ‘‘Vikram ve Vampir’’ (Baital Pachisi, Vikram the Vampyre) adlı eserle yer bulmuştur. Karanlık kısa hikaye türündeki eser mistik ve ahlaki dersler içeren kitap Vikramaditya kısaca Vikram adında bir Raca/Kral ile Vetal adında vampirik bir karakterin ikilemler ve felsefi sorular içeren öyküsüdür. (Pritchett & Husain, 1983). Sözcük olarak Polidori’nin şiir eserinde geçen, Vampir’in tür olarak tasviri Le Fanu’nun dişi örneği ‘‘Carmilla’’ Bram Stoker’ın erkek örneği ‘‘Drakula’’ ile yapılmıştır (Polidori, 1819) (Stoker, 1897) (Le Fanu,1872) Bugün betimlenen vampirlerin temel nitelik ve özellikleri bu edebi eserler aracılığıyla tanımlanmış, görsel imgeleri ise ilk kez ‘‘Nosferatu: Bir Dehşet Senfonisi’’ adlı sinema filminde kurgulanmıştır.

20.yy. modern vampir edebiyatının en bilinen ve kabul gören temsilcilerinden biri Anne Rice’dır. Bu alanda çok sayıda eseri bulunan Rice’ın ‘‘Vampirle Görüşme’’ (Interview with the Vampire) adlı eseri kült bir eser olarak sinemaya uyarlanmıştır (Rice, 1976). Neil Jordan'ın yönettiği ve 1994 yılında vizyona giren bu eserle birlikte vampirler ölümlülük ve ölümsüzlük arasında Dünya’yı sorgulayan derin psikolojiye sahip olmaya ve insanlarla iletişime geçmeye başlamışlardır. Filmde yer alan çocuk vampir Claudia bu anlamda devrimsel bir karakterdir. Richard Matheson’un ‘‘Ben Efsaneyim’’ (I Am Legend) adlı eseri ise bilimkurgu ve vampir mitini birleştiren post apokaliptik bir hikaye sunarak vampirlere yeni bir soluk getirmiştir (Matheson, 1954). Stephenie Meyer ise bu devrimci kuşağın en güncel edebiyatçılarındandır. Orijinal isimleriyle ‘‘Buffy the Vampire Slayer’’ adlı dizi ve ‘‘Hotel Transilvania’’ isimli

toplamda dört filmden oluşan animasyon sineması eseri gibi de vampirlerin modernist dönüşüme örnek olarak gösterilebilir. Stephenie Meyer'in yazmış olduğu Alacakaranlık (Twilight) serisi Alacakaranlık (Twilight) 2005, Yeniay (New moon) 2006, Tutulma (Eclipse) 2007, Şafak Vakti (Breaking Dawn) 2008, Alacakaranlık Yaşam ve Ölüm (Life and Death) 2015, Gece Yarısı Güneşi (Midnight Sun) 2020'dir. Ayrıca Bree Tanner'ın İkinci Hayatı (The Short Second Life of Bree Tanner) 2009 ve The Twilight Saga: the Official İllustrated Guide 2022 başlıklı yardımcı kitapları ve ilk üç kitabın çizgi roman versiyonları bulunmaktadır (Url-1) Bu seri tanımlanan karakterlerle karanlık gotik fantezi türüne romantizmde ekleyen, bir 21.yy. masalı anlatan ve karakter ve mekan bağlamında vampir edebiyatının en güncel biçimini yansıtan eserlerdir. Ayrıca vampir kültünü fenomolojik bir hale getirerek küresel düzeyde kabul görmesine ve çok çeşitli tasarım nesneleriyle popüler kültüre entegre bir hale gelmesini sağlamıştır. Film milyon dolarlara ulaşan ve hala artmaya devam eden kazancı ve fan kitlesi ile sinematik bir fenomene dönüşmüştür (Clayton&Harman, 2014). İlk filmin kitabı Dünya genelinde 85 milyon satmış ve otuz yedi dile çevrilmiştir (Bedoya, 2011).

2. BULGULAR

Modern vampir edebiyatında; toplumun yozlaştığı ve sosyal çürümenin yaşandığı, Dünya Savaşları'nın, küresel krizlerin, hibrit savaşların, kitlesel imha silahlarının, biyolojik savaşların yaşandığı modern Dünya'da artık korkulan varlığın türünden ziyade kimliğidir. Varlığı tanımlayan onun süper güçleri, doğa üstü becerileri, fiziksel görünüşü ve morfolojik özellikleri değil kötülük karşısındaki duruşudur. Bu bağlamda özellikle 21.yy'da vampirler ve beşer iyi ve kötü olarak ayrılmışlar, Dünya'yı bir yuva gibi görerek onu sahiplenmeye başlamışlar, diğer canlıların yaşam haklarına saygı duymaya çalışmışlar, duygusal ve psikolojik kimlik kazanmışlar, ayrımcılık, cinsiyet eşitsizliği, sosyal adaletsizlik gibi hususlarda sosyolojik tartışmalara girmişlerdir. Bir korku nesnesi olan vampir klanı kavramı toplumun en küçük sosyal birimi olan aile ile yer değiştirmiştir. Edward ve Bella'nın aşkının ve türler arası birliktelikten doğan yeni türlerin romantize edilmesi posthumanist bir yaklaşım olarak ırkçılığı yargılayan sıra dışı bir yaklaşım olarak algılanabilir. Ayrıca Cullen ailesinin güçlerini insanlar üzerinde kullanmamaya dayanan vampirlerin geleneksel beslenme yöntemlerine karşı gelen tutumları insanların yaşam haklarına duyulması gereken saygı seviyesine erişmelerine bir örnek olarak gösterilebilir. Anlamına göre, birey ayrılmaz bir birliktir. Psikoloji ise zihinsel ve insan davranışını inceleyen bir bilimdir. Adler'e göre, bireysel psikoloji, birinin deneyim ve davranışının organize edilmiş bir birlik olarak anlaşılmasıyla ilgilenen bir bilimdir. (Wardani, 2010) Bu nedenle eserlerde karakterler bir bütün olarak ele alınarak kurgulanmış ve aralarındaki iletişim tanımlanmıştır.

Filmlerin ana karakterleri bir insan olan Bella Swan ve bir vampir olan Edward Cullen'dır. Bu nedenle Edward majör Bella ise minör karakter olarak tanımlanmıştır. Eserlerin hikayesi farklı iki tür olan Bella ve Edward'ın aşkına ve bu süreçte yaşanan türler arası diyalog ve çatışmalara dayanmaktadır. Çatışma, Bella'nın Edward'ın insan olmadığını öğrenmesiyle başlamaktadır (Aprita ve diğerleri, 2013). Bella annesi ve babası ayrıldıktan sonra babası ile yaşamak üzere Forks kasabasına yerleşen bir genç kızdır. Babası Charlie polis şefidir. Annesi ise Forks'a uzak bir bölgede yeni partneri ile yeni bir yaşama başlamıştır. Edward ise yaklaşık 1918-1920 yılları arasında yaşanan domuz gribine neden olan virüs olarakta bilinen H1N1 virüsünün bir türünün yol açtığı İspanyol gribi pandemisinde ölmek üzereyken Doktor Carlisle Cullen tarafından vampire dönüştürülen bir karakterdir. Carlisle Cullen filmde vampir Cullen ailesinin babası rolündedir fakat çocuklarının hiçbirinin biyolojik babası değildir. Vampirlerin bir araya gelerek kurdukları klan bu kez Carlisle tarafından kurulan bir aile olarak betimlenerek romantize edilmiştir. Carlisle'ın eşi Esme doğumda oğlunu kaybettikten sonra intihar eden öldü sanılarak

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

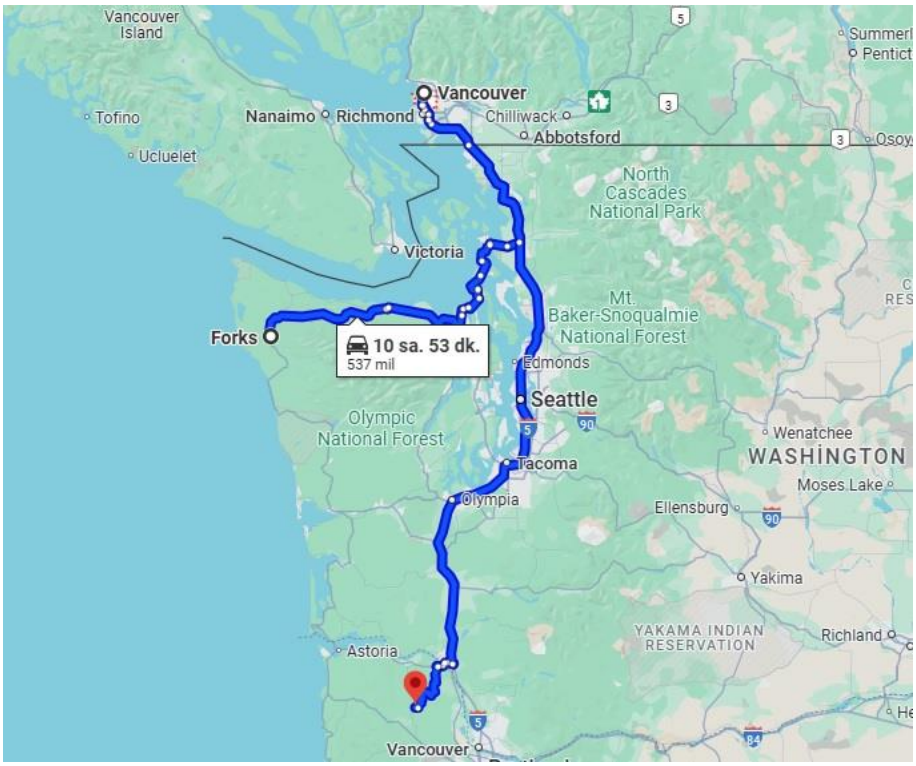
morga getirilen ancak yaşadığı Doktor Carlisle tarafından fark edilince vampire dönüştürülen bir karakterdir. Evladını kaybeden bir anne olması onun genç vampirlerin annesi rolünü üstlenmesinde ve gelini Bella'yı benimsemesinde önemli bir etkendir. Geleceği görme yeteneğine sahip Alice Cullen Edward'ın kız kardeşidir. Modaya ve arabalara ilgi duyan Alice, aynı zamanda Bella'nın arkadaşı Jasper'ın eşidir. Alice'in geçmişi hatırlayamaması nedeniyle öyküsü çok net olmamakla birlikte duru görü yeteneği nedeniyle akıl hastanesine yatırıldığı ve orada bir vampir tarafından dönüştürüldüğü öncesinde Cynthia adında bir kız kardeşi ve hala hayatta olan bir yeğeni olduğu, karanlık bir geçmişe ve duyguları manipüle etme yeteneğine sahip Jasper ile 1950'lerde tanıştığı ve Carlisle'ın ailesine sonradan katıldıklarından bahsedilmektedir. Jasper'ın kirli bir geçmişi vardır. Gururlu ve mesafeli bir karakter olan Rosalie Hale New York'ta yaşayan genç ve güzel bir kadınken nişanlısı ve arkadaşları tarafından toplu tecavüze ve şiddete uğradıktan sonra ölmek üzereyken Carlisle tarafından bulunarak dönüştürülmüştür. Emmett Cullen ise bir ayı saldırısından Rosalie'nin kendini dönüştürmesi sonucu kurtulan neşeli ve optimist bir karakterdir. Bu minvalde vampirlik karakterlere canavarlaşmaları için verilen bir lanet değil modern toplumun karanlık yüzü karşısında sunulan ikinci bir şanstır. Bu yaklaşımlarla film çoğu vampir arketipine karşı gelir. Bu özellikler arasında, kurbanların bazılarını vampirlere dönüştürme kapasitesi, uzay ve zamana meydan okuma yeteneği, terör estirme arzusu ve tek bir vampirin varlığının insanlık için bir tehdit oluşturması, çünkü bunun onun gibi başkalarının da olduğu anlamına gelmesi gibi durumlar yer almaktadır. Vampir karakterdeki ezber bozan yaklaşım avcı, katil, korkutucu görünümlü kurt adam"ın olağan tasvirini reddetmesinden de algılanabilir. Yalnız Bella karakterinde bir arketip olan "sıkıntıdaki genç kız" (damsel in distress) kullanılmıştır (Bedoya, 2011). Silver ise Bella'nın on yedi yaşında bir genç kız olması, Edward'ın ise fiziksel olarak zamanda donmuş olması ancak zihinsel ve sosyolojik olarak yaklaşık yüz dokuz yaşında olgun bir adam olmasını feministik yönden eleştirel bulmaktadır (Silver, 2010) Taylor ise bu çözümlemeyi Harlequin'lerin formülüne benzetmektedir (Taylor, 2014).

Vampir çift olan Victoria ve James ise kötü olarak betimlenen karakterlerdir. Aro, Marcus, Caius Volturi klanına mensup, vampir aleminde saygın bir yere sahip, geleneksel değerlere bağlı üyeleridir. Lider Aro'yla birlikte kanunları yapmak ve uygulamakla da yükümlüdürler. Volturi klanının bir diğer mensubu Edward ile bir geçmişi olan ve varlıkları acı içinde bırakabilme gücüne sahip Jane'dir.

Jacob Black ise Bella'nın arkadaşıdır. Forks bölgesinde yaşayan Kızılderili Quillete kabilesinin bir üyesidir. Bu kabilenin üyeleri ise kurt adamlardır. Türler arası ilişkilere odaklanan karakterlerin bağlantı noktası ise eserde bir barış sembolü olmaya aday olan Bella ve Edward'ın kızları ve Jacob'un gelecekteki ruh eşi olarak dünyaya gelen Reneesme'dir.

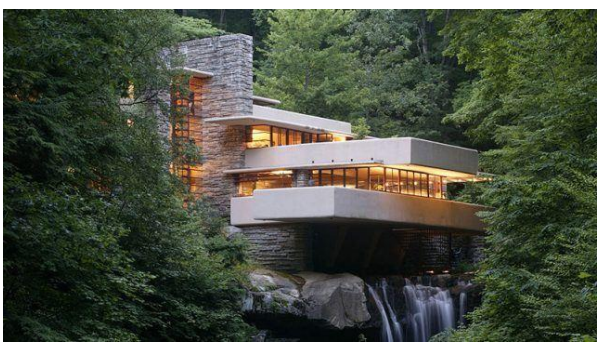
Filmler için kurgulanan mekanlar filmin gotik karanlık fantezi türüne uygun olarak çekilerek üzerine romantik unsurlar eklemlenmiştir. Çekimlerin büyük çoğunluğu Kanada ve Amerika Birleşik Devletleri'nde gerçekleştirilmiştir. Balayı çekimleri için Brezilya'nın Rio de Janeiro kenti ve Volturi için İtalya'nın Siena kenti seçilmiştir. Filmde geçen Forks kasabası ABD'nin başkenti Washington'a bağlıdır. Forks'ta geçen hikaye için seçilen bazı çekim mekanları Forks'a yaklaşık dört buçuk saat uzaklıkta Oregon'a bağlı Vernonia ve Forks'a yaklaşık beş buçuk saat uzaklıkta Kanada'nın Britanya Kolumbiyası eyaletine bağlı Vancouver'da yer almaktadır. Aşağıdaki resimde haritalar üzerinden çekim bölgesi işaretlenmiştir.

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



Görsel 1: Film Mekanları, Harita (Url-2)

İlk filmin yönetmeni Catherine Hardwicke kariyerine mimar olarak başlamıştır (Farina, 2010). Hikayenin kurgulandığı ilk filmin yönetmeninin mimari disiplinle çekim mekanlarına yaklaşımı, diğer eserlere de sirayet eden yaratıcı, özgün ve etkili kurgusal mekanlar tasvir edilmesini ve modern vampir mitinin kimliklendirilmesini sağlayan bir ortak dil oluşmasına sebep olmuştur. Bu nedenle kurgusal mekan bağlamında inceleme yaparken ilk filmi baz almak daha etkili bir çözümleme olacaktır. Diğer filmlerin yönetmenleri ise Bill Condon, Chris Weitz ve David Slade'dir. İlk filmde Cullen Ailesi'nin evi Sky Lab mimarlık tarafından tasarlanan ve 2012 ASLA Oregon: 'Merit Award'a layık görülen Hoke Evi (Hoke House) isimli yapıdır. Yaklaşık 450m2 taban alanına oturan bu yapı ismini evin sahipleri John ve Karen Hoke'den almaktadır. Sky Lab evin temasını Son tasarıma dair mottosunu, ''bina ayak izini en aza indirirken aynı zamanda yüzen, ormanlık ağaç ev deneyimini yükseltmesi''olarak tasvir etmiştir (Url-3). Bu bağlamda Portland, Oregon'da yer alan bu konutun mimari tasarım yaklaşımı tematik alt yapısıyla ve hedeflediği atmosfer ile modern mimaride ve iç mimaride bir mihenk taşı olan Frank Frank Lloyd Wright'ın Şelale Evi'ni (Fallingwater House) anımsatmaktadır. (Url-4)





Görsel 2: Fallingwater House (Url-5) Görsel 3: Hoke House Cullen Ailesi'nin Evi (Url-6)



Görsel 3: Fallingwater House (Url-7) Görsel 4: Hoke House Cullen Ailesi'nin Evi (Url-8)

Hoke Evi, korku kurguda çevreyle olan bağı güçlendirmek için tercih edilmiştir. Ev, ormanlık bir bölgede yer aldığı için doğal çevresiyle bütünleşecek şekilde konumlandırılmıştır. Büyük teraslar, çevredeki manzarayı iç mekanların bir uzantısı haline getirmektedir. Doğal çevreyle uyum sağlayan yapı merkezden uzaklık hissi de taşımaktadır. Yapı modernizmin sağlamlık ve dayanıklılık anlayışını temsil ederken transparanlık ile de mekanın hafifliğini artırmaktadır. Minimalist yapısı, doğal çevresini vurgulamaktadır.

Bella Swan'ın evi, Oregon'un St. Helens bölgesindeki geleneksel Amerikan kırsal mimarisine sahip bir evdir. Erken örnekleri Amerikan gotik olarak da tanımlanabilen bu konut tipolojisi ahşap dış cephe, eğimli çatı ve mütevazı bir iç mekan düzeni ile orta sınıf bir Amerikan ailesinin yaşam tarzını temsil eder. Bu evin tasarımı, Bella'nın sade ve insancıl karakterini vurgular.



Görsel 5: Swan Ailesi'nin Evi (Url-9) Görsel 6: Swan Ailesi'nin Evi İç Mekan (Url-10)

Jacob ve Billy Black'in ikametgahının olduğu sahneler, Vancouver, BC'nin bir banliyösü olan Coquitlam'da çekilmiştir. Tek katlı ve geniş araziye konumlandırılmış ev kitapla uyumluluk göstermesi adına kırmızıya boyanmıştır. Vampirlerin konutlarında olduğu gibi anlatımı çevre ile güçlendirme ve çevrede merkezden uzaklaşma söz konusudur.

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



Görsel 7: Black Swan Ailesi'nin Evi (Url-11)

3. SONUÇLAR VE DEĞERLENDİRME

Edebi eser ve film tarihi mekanları efektif bir biçimde kurgulamıştır. Edebi eserde adı geçen Volturi klanının yaşam alanı Volterra, İtalya'nın Toskana Bölgesi'ndedir. Neolitik bir yerleşim yeri olan Volterra, özgün bir medeniyete sahip önemli bir Etrüsk merkezidir. Roma Dönemi'nde belediye olan kasaba beşinci yüzyılda bir piskoposluk merkezi olmuştur. Floransa Cumhuriyeti'nin 1530'da yıkılmasıyla Volterra, Medici ailesinin kontrolü altına girmiş daha sonra yönetimi Toskana Büyük Dükalığı'na geçmiştir. Meyer tarafından saat kulesi nedeniyle seçilmiştir. Ancak filmde Volturi'li sahneler İtalya'nın Siena Bölgesi'nde Montepulciano'da çekilmiştir. Çekim için kasaba, Palazzo del Comune, şarap mahzeni, tarihi merkezdeki bazı saraylar kullanılmıştır. Kitapta anlatılan, yedi metre uzunluğundaki çeşme ise ahşap ve kağıt hamurundan şekilde yeniden inşa edilmiştir. (Url-12) (Url-13)

Filmler doğayı mekânsal bir unsur olarak kullanmıştır. Alacakaranlık filminin çekimleri'de kullanılan La Push Plajı doğal bir mimari element olarak değerlendirilmiştir. La Push Plajı Steven Spielberg'ün "1941" ve "The Goonies" filmlerinin yanı sıra "Point Break" adlı sörf filminin çekimlerinde de kullanılmıştır. Diğer filmlerde sahil sahneleri Vancouver Adası'na taşınmıştır. Dalgalı okyanus, taşlı kıyılar ve geniş bir açık hava düzeni, Quileute efsanelerini ve doğayla olan bağlantıyı derinleştirmiş ve dramatik ve duygusal sahneler için fon işlevi görmüştür. (Url-14)

Filmde birden fazla yapı tek bir yapıyı edebi eserle uyumlu bir şekilde betimleyebilmek için kullanılmıştır. Forks Lisesi sahneleri ise iki ayrı okulda: cephe, dış mekan ve otopark sahneleri Kalama, WA'daki Kalama Lisesi; kantin sahneleri Portland, OR'daki Madison Lisesi'nde çekilmiştir. Eğitim amaçlı bir binanın pratik kullanıma uygun tasarımı için kullanılan iki yapının birleştirilmesi geleneksel ve modern unsurların karışımı bir kimlik ortaya koymuştur. (Url-14)

Her mekan orijinal işlevi ile kullanılmamıştır. Yeniden işlevlendirme de söz konusudur. Angela ve Jessica'nın balo elbiselerini seçtiği "Petite Jolie" elbise mağazası aslında bir kuafördür. Bella'nın vampir araştırma materyallerini satın aldığı "Thunderbird and Whale" kitapçısı aslında bir ofis binasıdır. Edward'ın Bella'ya açıldığı "Şişkin Kurbağa" İtalyan Restoranı aslında bir inşaat şirketidir. (Url-15)

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

Filmin mekanları çeşitlilik göstermektedir. Carver Kafe Şam (Damascus), Oregon'da yer alan, halen kafenin arkasında bulunan evde yaşayan bir karı koca tarafından inşa edilen bir restorandır. Tek katlı bir yapı olan bu restoran tipik bir kasaba restoranıdır. Balo sahnelerinin çekildiği View Point Inn Crown Point yakınlarında, Columbia Nehri Boğazı'nın, Portland şehir ışıklarının ve Vancouver'ın panoramik manzarasına sahip bir alana kurulu bir butik oteldir ve çekimlerden sonra çıkan bir yangında tahrip olmuştur. Silver Falls Eyalet Parkı Bella'nın ağaçların üzerinde oturduğu dış mekan çekimlerinin yapıldığı parktır. Oregon City Değirmeni James'in cinayet işlediği yerin çekimleri için tercih edilmiştir. Burası aynı zamanda William Friedkin'in "The Hunted" filminin de çekildiği yerdir. Squamish, Kuzey Vancouver Bölgesi, Widgeon Slough, Pitt Nehri, Port Moody diğer açık hava sahnelerinin çekimlerinde kullanılırken, Paramount Tiyatrosu, Ridge Tiyatrosu, David Thompson Lisesi BC'de bulunan diğer film mekanlarıdır. (Url-16)

4. GENEL DEĞERLENDİRME

Filmde ve kitapta Forks kasabasının seçilmesinin nedeni ABD'nin en çok yağmur alan kasabası olmasıdır. Bu nedenle yapılı çevre ve eserin atmosferi açısından etkili bir seçim olmuştur. Bu bölgede ormanlar oldukça sık ve gür bir dokuya sahiptirler. Ambiyansı vampirlerin gizliliklerini korumaya elverişlidir. Gün ışığında parlayan ciltlerinin insanlar tarafından anlaşılmaması sebebiyle vampirler için ışıksız bir atmosfer ve gri gökyüzü ideal bir seçimdir. Fazla ziyaretçi almayan kasaba çekimlerden sonra filme ait eşyalardan oluşan bir koleksiyonun sergilendiği bir fiziksel mekan oluşturmuştur. Ayrıca her yıl festival de düzenlenmektedir. Bu kasaba turistik bir değer kazanmıştır. Anlam kazanan bir diğer bölge Siena Bölgesi'ndeki Montepulciano'dur Sinema eserleri çekildikleri mekanlara değer katmaktadır. Ancak başarısız kurgusal mekan seçimleri ziyaretçileri hayal kırıklığına uğratabilmektedir. Sinema eserleri popüler kültür nesnesi olarak çok sayıda tasarım nesnesinin ve fiziksel mekanın üretilmesini sağlar. Bu bağlamda kurgusal mekanın anlatısı multidisipliner tasarıma katkı sağlar. Kurgusal mekanın korku kurgu unsurlarını yansıtması için faydalanması gereken temel prensipler mevcuttur. Mekanın kimliklendirilmesinde yaşam alanı/konut tasarımları önemli yer tutar. Eserin başarısında mekanın bir fon ve bir anlatıcı olarak görevi büyüktür. Bu nedenle kurgusal mekanların belirlenmesinde, set tasarımlarında ve bilgisayar destekli görselleştirmelerinde profesyoneller yer almalı, şehir ve bölge planlama, mimarlık, iç mimarlık, endüstri ürünleri tasarımı gibi akademik branşlardan destek alınmalıdır.

KAYNAKÇA

Akyıldız Ercan, C., Mitolojide Çocuk Katili Kadınlar: Lilith, Lamia, Medea. *Zeitschrift für die Welt der Türken/Journal of World of Turks*, 5(1), 89-103, 2013.

Aprita, E. R., *In Chatherıne Hardwıcke's Twılıght Movıe: An Indıvıdual Psychologıcal Approach*, Doktora Tezi, Universitas Muhammadiyah Surakarta, 2013.

Bedoya, P. A. Team Edward or Team Jacob? The Portrayal of Two Versions of the" Ideal" Male Romantic Partner in the Twilight Film Series, İletişim Tezi, Georgia State University, 2011.

Bottéro, J. *Religion in ancient Mesopotamia*, University of Chicago Press, 2001.

Clayton, W., & Harman, S. (Eds.), *Screening Twilight: critical approaches to a cinematic phenomenon*. Bloomsbury Publishing, 2014.

Farina, F., *Personalıty Of Bella In Twılıght Movıe Dırected By Catherıne Hardwıcke 2008: A Psychoanalytıc Approach*, Doktora Tezi, Universitas Muhammadiyah Surakarta, 2010.

Karakurt, D., *Türk söylence sözlüğü*, Xasiork, İstanbul, 2011.

Matheson, R., *I Am Legend. New York*, Gold Medal Books, 1954.

Polidori, J. W., *The Vampyre. London*, The New Monthly Magazine. 1819.

Pritchett, F. W. & Husain, I., Vikram, the Vampire, and the Story. *Journal of South Asian Literature*, *18*(2), 149-152, 1983.

Rice, A., *Interview with the Vampire*. New York: Alfred A. Knopf, 1976.
Silver, A., " Twilight" Is Not Good For Maidens: Gender, Sexuality, and The Family In Stephenie Meyer's" Twılıght" Series. *Studies in the Novel*, *42*(1/2), 121-138, 2010.

Taylor, J., Romance and the female gaze obscuring gendered violence in the twilight saga. *Feminist Media Studies*, *14*(3), 388-402, 2014.

Wardani, L. H., *A struggle for love of isabella swan in catherine hardwicke's twilight movie: An individual psychological approach* Doktora Tezi, Universitas Muhammadiyah Surakarta, 2010

Url 1 https://stepheniemeyer.com/books/(Erişim tarihi: 01.12.2024)

Url 2 Google Haritalar (Erişim tarihi: 05.12.2024)

Url 3 https://skylabarchitecture.com/work/hoke-house/(Erişim tarihi: 07.12.2024)

Url 4 https://dokmimarlik.com/selale-evi-doganin-kalbi/(Erişim tarihi: 06.12.2024)

Url 5 https://skylabarchitecture.com/work/hoke-house/(Erişim tarihi: 07.12.2024)

Url 6 https://dokmimarlik.com/selale-evi-doganin-kalbi/(Erişim tarihi: 06.12.2024)

Url 7 https://skylabarchitecture.com/work/hoke-house/(Erişim tarihi: 07.12.2024)

Url 8 https://dokmimarlik.com/selale-evi-doganin-kalbi/(Erişim tarihi: 06.12.2024)

Url9 https://twilightgirlportland.com/twilight-inside-visit-to-bella-swans-house/(Erişim tarihi: 03.12.2024)

Url 10https://twilightgirlportland.com/twilight-inside-visit-to-bella-swans-house/(Erişim tarihi: 03.12.2024)

Url 11 https://www.tripadvisor.com/LocationPhotoDirectLink (Erişim tarihi:01.12.2024)

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

Url 12 https://www.twilightsaga.fandom.com(Erişim tarihi: 13.12.2024)

Url 13 https://www.visittuscany.com/en/ideas/new-moon-in-montepulciano/(Erişim tarihi: 13.12.2024)

Url 14 https://forkswa.com/(Erişim tarihi: 10.12.2024)

Url 15 https://movie-locations.com/movies/t/Twilight.php(Erişim tarihi: 15.12.2024)

Url 16 https://www.twilightsaga.fandom.com(Erişim tarihi: 13.12.2024)

.

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

MİMARLIK TARİHİNİN İZİNİ SÜRMEK: TÜRKİYE'DEKİ LİSANS PROGRAMLARI ÜZERİNE BİR DEĞERLENDİRME[2]

Eren GÜLER
Samsun Üniversitesi/ Mimarlık ve Tasarım Fakültesi
erengulersamu@gmail.com - 0009-0003-5030-7959

Mücahit ÖZTAV
Samsun Üniversitesi/ Mimarlık ve Tasarım Fakültesi
mucahitoztav42@gmail.com- 0009-0000-9542-3927

Selehattin SARIKAYA
Samsun Üniversitesi/ Mimarlık ve Tasarım Fakültesi
sarikayaselahattin4@gmail.com - 0009-0004-1025-2778

Araştırma Görevlisi Hande EYÜBOĞLU
Samsun Üniversitesi/ Mimarlık ve Tasarım Fakültesi
hande.eyuboglu@samsun.edu.tr - 0000-0003-0504-2886

ÖZET

Mimarlık eğitimi, tasarım ve uygulamaya yönelik teknik bilgi ve beceri kazandırmanın yanı sıra mimarlık disiplininin tarihsel ve kültürel temellerini anlamayı hedefleyen çok yönlü bir eğitim sürecidir. Bu eğitimin önemli bir parçası olan mimarlık tarihi, tasarım pratiğine rehberlik eden bir düşünsel bir alt yapı oluşturmaya katkı sunar. Türkiye'de bulunan üniversitelerin mimarlık lisans programlarında yer alan mimarlık tarihi derslerine bir bakış sunmayı amaçlayan bu çalışmada mimarlık tarihi dersinin güncel içeriklerini tespit etmek hedeflenmiştir. Aynı zamanda mimarlık tarihi derslerinde hangi konu başlıklarına ağırlık verildiği, küresel ve yerel tarihsel yaklaşımların nasıl dengelendiği incelenmiştir. Çalışmanın temel araştırma soruları "Türkiye'de mimarlık bölümlerinin lisans eğitim programlarında mimarlık tarihi derslerinde öne çıkan konular nelerdir?" ve "Mimarlık lisans eğitiminde mimarlık tarihi derslerinde hangi içeriklere ve anahtar kelimelere yoğunlaşılmaktadır?" oluşturmaktadır. Çalışmada ilk olarak Türkiye'de mimarlık eğitimi ile ilgili bir araştırma yapılmıştır. İkinci aşamada ise mimarlık lisans programları listelenmiştir. Çalışma kapsamında mimarlık bölümleri 2010 yılından önce kurulan üniversitelerle sınırlandırılmış olup daha köklü ve eğitim sistemine sahip

[2] Bu çalışma 1919B012209159 başvuru numaralı "Mimarlık Lisans Eğitiminde Mimarlık Tarihi Derslerinin İçerik Analizi" Başlıklı TÜBİTAK 2209-A projesinden üretilmiştir.

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

üniversitelerdeki ders içerikleri ele alınmıştır. Bunun yanı sıra program bilgilerinin eksiksiz olması örneklem seçiminde dikkat edilen diğer bir husus olmuştur. Bu doğrultuda 35 adet üniversitenin mimarlık bölümü incelenmiştir. Ardından ders bilgi paketlerinden ders içerikleri toplanmış ve dönemlere göre gruplanmıştır. Sonrasında verilerin içerik analizleri gerçekleştirilmiştir. Analizler doğrultusunda mimarlık tarihi derslerine ilişkin ders katalogları oluşturulmuştur. Katalogların hem hali hazırda eğitim vermekte olan mimarlık bölümlerinin ders içeriklerini tetkik etmesinde hem de yeni açılacak mimarlık bölümlerinde mimarlık tarihi ders içeriklerinin oluşturulmasında Türkiye genelinde mevcut duruma dair bir rehberlik edeceği düşünülmektedir.
Anahtar Kelimeler: Mimarlık eğitimi, Mimarlık tarihi, Ders içeriği, Türkiye

1. GİRİŞ

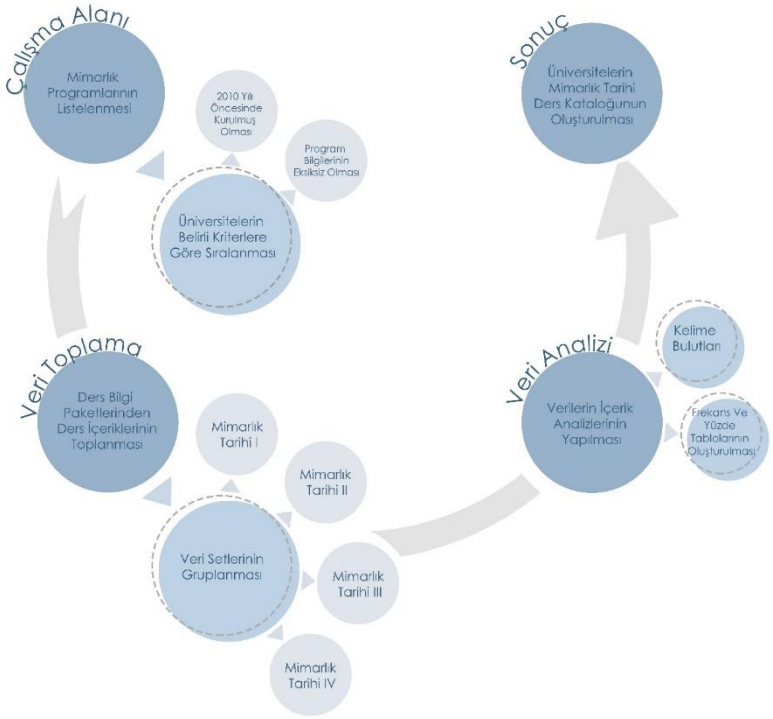
Mimarlık eğitimi, bireylerin ihtiyaçlarını karşılamaya yönelik mekân tasarlama ve inşa etmeye ilişkin teknik, estetik, kültürel, sosyal bilgi ve becerilerin kazandırıldığı çok yönlü bir süreçtir. Bu eğitim süreci, teknik bilgi ve yeterliliklerin ötesinde sosyal, kültürel ve tarihi çeşitli bağlamları içselleştirerek mekânlar tasarımları yapmayı hedefler. Tasarım, yapı teknolojileri gibi farklı bileşenlerin birlikteliğinden oluşan mimarlık eğitiminin temel taşlarından biri de mimarlık tarihidir (Ching, 2011). Mimarlık tarihi eğitimi, tasarımın entelektüel zeminini oluşturmakla birlikte tasarıma anlam ve bağlam kazandırarak tarih süreci içerisinde mekânların evrimini ve dönüşümünü ele alır (Benian ve Mısırlı, 2017). Eleştirel bir bakış açısı kazandırarak mekânları ait olduğu dönemin özelliklerini birlikte değerlendiren mimarlık tarihi, geçmişin birikimini günümüze aktarmada önemli bir yere sahiptir (Kuban, 2007). Bu eğitim süreci, kronolojik bilgi vermenin yanı sıra yapılı çevre tasarımında arka planda yer alan sosyal, ekonomik ve kültürel dinamikleri analiz etmeye odaklanarak öğrencilerin çok yönlü düşünme becerilerini geliştirir. Bununla birlikte zaman bilinci oluşturan bu eğitim, öğrencilere tarihsel ve kültürel farkındalık yetisi kazandırır (Leach, 2013). Bu çalışmanın konusunu ise Türkiye'de mimarlık lisans programlarında yer alan mimarlık tarihi dersleri mevcut yapısını incelemek oluşturmaktadır. Mimarlık tarihi güncel ders içeriklerinin tespit edilerek ele alınan konuların ortaya konmasına odaklanan bu çalışmanın hali hazırda eğitim vermekte olan mimarlık bölümlerinin ders içeriklerini tetkik etmesinde ve yeni kurulan mimarlık bölümlerinin ders içeriklerini planlamasına yardımcı olacağı düşünülmektedir.

2. MATERYAL VE METOD

Çalışmada Türkiye'de bulunan üniversitelerin mimarlık lisans programlarında yer alan mimarlık tarihi derslerinin içeriklerini analiz etmek amaçlanmış olup çalışmanın hedefi mimarlık tarihi derslerinde odaklanılan konuları belirlemektir. Çalışmanın araştırma soruları ise *"Türkiye'de mimarlık bölümlerinin lisans eğitim programlarında mimarlık tarihi derslerinde öne çıkan konular nelerdir?"* ve *"Mimarlık lisans eğitiminde mimarlık tarihi derslerinde hangi içeriklere ve anahtar kelimelere yoğunlaşılmaktadır?"* olarak belirlenmiştir.

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

Dört temel aşamada kurgulanan çalışmada ilk olarak Türkiye'de mimarlık lisans eğitimi veren üniversiteler sıralanmıştır (Görsel 1).



Görsel 1. Çalışmanın Adımları

Çalışma örneklemi 2010 yılından önce kurulan 49 adet üniversite ile sınırlandırılmış olup bu kapsamda köklü ve eğitim sistemi yerleşik programlara sahip üniversitelerin ders içerikleri ele alınmıştır. Üniversitelerin resmi internet adreslerinden elde edilen bilgiler doğrultusunda 14 adet üniversitenin mimarlık tarihi dersi verilip verilmediğine ilişkin net bilgiye ulaşılamamış olup bu üniversiteler çalışma kapsamı dışında bırakılmıştır. Bu doğrultuda 35 adet üniversite çalışmanın örneklemini oluşturmaktadır (Çizelge 1).

Çizelge 1. Çalışma Örneklemi

No	Üniversite Adı	Üniversite Türü	Fakülte Adı	Bölüm Adı	Kuruluş Tarihi	Eğitim dili
1.	Atatürk Üniversitesi	Devlet	Mimarlık ve Tasarım Fakültesi	Mimarlık	2010	Türkçe
2.	Atılım Üniversitesi	Vakıf	Güzel Sanatlar ve Mimarlık Fakültesi	Mimarlık	2009	Türkçe
3.	Balıkesir Üniversitesi	Devlet	Mimarlık Fakültesi	Mimarlık	1992	Türkçe
4.	Beykent Üniversitesi	Vakıf	Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi	Mimarlık	1997	Türkçe
5.	Bingöl Üniversitesi	Devlet	Mühendislik-Mimarlık Fakültesi	Mimarlık	2010	Türkçe
6.	Bursa Uludağ Üniversitesi	Devlet	Mimarlık Fakültesi	Mimarlık	1993	Türkçe
7.	Doğu Akdeniz Üniversitesi	Vakıf	Mimarlık Fakültesi	Mimarlık	1991	İngilizce

8.	Dokuz Eylül Üniversitesi	Devlet	Mimarlık Fakültesi	Mimarlık	1992	Türkçe
9.	Düzce Üniversitesi	Devlet	Sanat, Tasarım ve Mimarlık Fakültesi	Mimarlık	1983	Türkçe
10.	Erciyes Üniversitesi	Devlet	Mimarlık Fakültesi	Mimarlık	1992	Türkçe
11.	Eskişehir Osmangazi Üniversitesi	Devlet	Mühendislik-Mimarlık Fakültesi	Mimarlık	1993	Türkçe
12.	Fatih Sultan Mehmet Vakıf Üniversitesi	Vakıf	Mimarlık ve Tasarım Fakültesi	Mimarlık	2010	Türkçe
13.	Gebze Teknik Üniversitesi	Devlet	Mimarlık Fakültesi	Mimarlık	2008	Türkçe
14.	Girne Amerikan Üniversitesi	Vakıf	Mimarlık, Tasarım ve Güzel Sanatlar Fakültesi	Mimarlık	1993	İngilizce
15.	Harran Üniversitesi	Devlet	Güzel Sanatlar Fakültesi	Mimarlık	2018	Türkçe
16.	Hasan Kalyoncu Üniversitesi	Vakıf	Güzel Sanatlar ve Mimarlık Fakültesi	Mimarlık	2009	Türkçe
17.	İstanbul Bilgi Üniversitesi	Vakıf	Mimarlık Fakültesi	Mimarlık	2009	İngilizce
18.	İstanbul Teknik Üniversitesi	Devlet	Mimarlık Fakültesi	Mimarlık	1944	İngilizce/ Türkçe
19.	İstanbul Ticaret Üniversitesi	Vakıf	Mimarlık ve Tasarım Fakültesi	Mimarlık	2001	Türkçe
20.	İstanbul Yeni Yüzyıl Üniversitesi	Vakıf	Mühendislik-Mimarlık Fakültesi	Mimarlık	2009	Türkçe
21.	İzmir Ekonomi Üniversitesi	Vakıf	Güzel Sanatlar ve Tasarım Fakültesi	Mimarlık	2005	İngilizce
22.	İzmir Yüksek Teknoloji Enstitüsü	Devlet	Mimarlık Fakültesi	Mimarlık	1994	İngilizce
23.	Karadeniz Teknik Üniversitesi	Devlet	Mimarlık Fakültesi	Mimarlık	1963	Türkçe
24.	Maltepe Üniversitesi	Vakıf	Mimarlık ve Tasarım Fakültesi	Mimarlık	2009	İngilizce/ Türkçe
25.	Mardin Artuklu Üniversitesi	Devlet	Mühendislik-Mimarlık Fakültesi	Mimarlık	2007	Türkçe
26.	Necmettin Erbakan Üniversitesi	Devlet	Güzel Sanatlar ve Mimarlık Fakültesi	Mimarlık	2010	Türkçe
27.	Ondokuz Mayıs Üniversitesi	Devlet	Mimarlık Fakültesi	Mimarlık	2010	Türkçe
28.	Pamukkale Üniversitesi	Devlet	Mimarlık ve Tasarım Fakültesi	Mimarlık	2007	İngilizce
29.	Süleyman Demirel Üniversitesi	Devlet	Mimarlık Fakültesi	Mimarlık	1992	Türkçe
30.	Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi	Devlet	Güzel Sanatlar, Tasarım ve Mimarlık Fakültesi	Mimarlık	2010	Türkçe
31.	Toros Üniversitesi	Vakıf	Güzel Sanatlar, Tasarım ve Mimarlık Fakültesi	Mimarlık	2009	Türkçe
32.	Trakya Üniversitesi	Devlet	Mimarlık Fakültesi	Mimarlık	1982	İngilizce
33.	Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi	Devlet	Mimarlık ve Tasarım Fakültesi	Mimarlık	2004	Türkçe
34.	Yıldız Teknik Üniversitesi	Devlet	Mimarlık Fakültesi	Mimarlık	1942	İngilizce/ Türkçe

35.	Yozgat Bozok Üniversitesi	Devlet	Mühendislik-Mimarlık Fakültesi	Mimarlık	2006	Türkçe

Örneklemin belirlenmesinin ardından bölümlerdeki mimarlık tarihi ders içeriklerini sistematik hale getirmek, derslerin birbirini nasıl takip ettiğini gözlemlemek, ilişkileri ve farklılıkları derinlemesine inceleyebilmek amacıyla dersler lisans eğitiminde verildiği şekilde "mimarlık tarihi-I", "mimarlık tarihi-II", "mimarlık tarihi-III" ve "mimarlık tarihi-IV" olmak üzere dört ayrı grupta veri setleri oluşturulmuştur (Çizelge 2).

Çizelge 2. Veri setinin gruplandırılması

No	Üniversite Adı	Mimarlık Tarihi-I	Mimarlık Tarihi-II	Mimarlık Tarihi-III	Mimarlık Tarihi-IV
1.	Atatürk Üniversitesi	•	•		
2.	Atılım Üniversitesi	•	•	•	
3.	Balıkesir Üniversitesi	•	•	•	•
4.	Beykent Üniversitesi	•	•		
5.	Bingöl Üniversitesi	•	•	•	
6.	Bursa Uludağ Üniversitesi	•	•	•	
7.	Doğu Akdeniz Üniversitesi	•	•		
8.	Dokuz Eylül Üniversitesi	•			
9.	Düzce Üniversitesi	•	•	•	
10.	Erciyes Üniversitesi	•	•	•	
11.	Eskişehir Osmangazi Üniversitesi	•	•		
12.	Fatih Sultan Mehmet Vakıf Üniversitesi	•	•	•	•
13.	Gebze Teknik Üniversitesi	•	•	•	
14.	Girne Amerikan Üniversitesi	•	•		
15.	Harran Üniversitesi	•	•	•	•
16.	Hasan Kalyoncu Üniversitesi	•	•	•	
17.	İstanbul Bilgi Üniversitesi	•	•	•	
18.	İstanbul Teknik Üniversitesi	•	•	•	
19.	İstanbul Ticaret Üniversitesi	•	•		
20.	İstanbul Yeni Yüzyıl Üniversitesi	•	•		
21.	İzmir Ekonomi Üniversitesi	•	•		
22.	İzmir Yüksek Teknoloji Enstitüsü	•	•	•	
23.	Karadeniz Teknik Üniversitesi	•	•	•	•
24.	Maltepe Üniversitesi	•	•		
25.	Mardin Artuklu Üniversitesi	•	•		
26.	Necmettin Erbakan Üniversitesi	•	•	•	•
27.	Ondokuz Mayıs Üniversitesi	•	•	•	
28.	Pamukkale Üniversitesi	•	•	•	
29.	Süleyman Demirel Üniversitesi	•	•		
30.	Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi	•	•	•	•
31.	Toros Üniversitesi	•	•	•	
32.	Trakya Üniversitesi	•	•	•	•
33.	Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi	•	•		
34.	Yıldız Teknik Üniversitesi	•	•	•	
35.	Yozgat Bozok Üniversitesi	•	•	•	

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

Veri setlerinin gruplandırılmasının ardından bölümlerin resmi internet adreslerinde yer alan ders içeriklerini ve amaçlarını belirlemeye yönelik kapsamlı ve detaylı bir tarama yapılmış olup sistematik bir bilgi toplama gerçekleştirilmiştir. Toplanan veri seti, analiz sürecine dâhil edilmek üzere derlenmiş ve standart bir formatta düzenlenmiştir. Bu aşamada ilk olarak kelimeler kök haline getirilmiştir. Bu işlem aynı kökten gelen kelimelerin farklı bir kelime olarak algılanmasını önlemek amacıyla yapılmıştır. Bununla birlikte bu işlem veri analizinde meydana gelebilecek ifade karmaşıklığını engellemek ve daha doğru sonuçlar elde etmek amacıyla gerçekleştirilmiştir. Bir diğer yapılan işlem ise noktalama işaretlerinin çıkarılmasıdır. Son olarak veri setinin analizinde temel kavramları belirginleştirmek ve veri seti içerisinde dikkat dağıtıcı unsurları minimize etmek için bağlaçlar ve doğrudan bir anlam ifade etmeyen kelimeler (ve, ama, ile, hem, hem de, ya da vb.) metinlerden çıkarılmıştır.

Elde edilen veri setlerinin nitel veri analizleri için özelleşmiş bir araç olan MAXQDA programında içerik analizleri yapılmıştır. Bu bağlamda içerik analizlerinde frekans değerleri, yüzde dağılımları ve kelime haritaları oluşturulmuştur. Kelime haritalarında analiz edilen veri setlerindeki frekansı en yüksek kelimeler öne çıkarılarak şemalar oluşturulmuş ve genel eğilimler ortaya konmuştur. Kelime bulutlarında kelimeler sıklıklarına göre boyutlandırılarak görselleştirilmiştir. Son olarak veri analizlerinden elde edilen bilgiler ışığında üniversitelerin mimarlık tarihi ders içerik katalogları oluşturulmuştur.

3. BULGULAR

Çalışmanın bulguları iki aşamalı ele alınmış olup ilk olarak “mimarlık tarihi-I”, “mimarlık tarihi-II”, ”, “mimarlık tarihi-III” ve ”, “mimarlık tarihi-IV” şeklinde her dönem verilen dersler özelinde içerik analizleri yapılmıştır. İkinci olarak ise mimarlık tarihi derslerinin genelinde en öne çıkan konulara bir bakış sunmak için genel bir değerlendirme gerçekleştirilmiştir.

3.1. Mimarlık Tarihi Ders İçeriklerinin Dönem Özelinde Değerlendirmeleri

Mimarlık tarihi-I derslerinin içerik analizine bakıldığında mimarlık (n:113), mimari (n:73), dönem (n:56) ve tarih (n:48) kelimelerinin yanı sıra tarih öncesi dönemlerden başlayarak Roma (n:25), Yunan (n:22), Mısır (n:16) dönemlerinin öne çıktığı görülmüştür. Mevcut ders içeriklerinin analizinde Yunan mimarlığının dor, iyon ve korint düzenleri gibi üslupları bu ders kapsamında öne çıkmıştır. Diğer taraftan Roma dönemi mimarlığının anıtsal yapıları, özellikle tapınaklar, su kemerleri, tiyatrolar ve yollar gibi yapı türleri dersin önemli bir parçasını oluşturduğu görülmüştür (Görsel 2 ve Çizelge 3).

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



Görsel 2. Mimarlık Tarihi-I Dersinin Kavram Haritası

Bunların yanı sıra Mısır piramitleri ve tapınakları, dönemin inşa teknikleri, kullanılan malzemeler vb. konuların ağırlıkta olduğu görülmüştür. Diğer taraftan bu dönemde ders içeriği sanat (n:18) ile etkileşim içinde olup konuların diğer disiplinlerle ilişkilendirilmiştir (Çizelge 3). Bununla birlikte felsefe, inanış, teknoloji, kültür, toplum, coğrafya ders kapsamında ele alınan dönemler kapsamında değinilen diğer hususlardır.

Çizelge 3. Mimarlık tarihi-I dersinde öne çıkan kavramlar

No	Kavramlar	Frekans (n)	Yüzde (%)
1.	mimarlık	113	7,46
2.	mimari	73	4,82
3.	dönem	56	3,70
4.	tarih	48	3,17
5.	yapı	27	1,78
6.	roma	25	1,65
7.	yunan	22	1,45
8.	sanat	18	1,19
9.	mısır	16	1,06
10.	uygarlık	16	1,06

Mimarlık tarihi-II derslerinin içerikleri değerlendirildiğinde Türkiye'de birçok üniversitede özellikle İslam (n:19) ve Osmanlı (n:16) mimarlığı üzerine odaklanıldığı görülmüştür. Bu derslerde, Türk mimarlık tarihinin (n:24) Orta Asya'dan başlayarak Anadolu'ya (n:21) taşınan ve Osmanlı'ya ulaşan gelişimi detaylı bir şekilde ele alınmıştır. Özellikle cami, medrese ve külliye gibi anıtsal yapılar üzerinden mekânsal organizasyonlar, strüktürel özellikler ve malzeme kullanımları analiz edilmektedir (Görsel 3 ve Çizelge 4).

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



Görsel 3. Mimarlık Tarihi-II Dersinin Kavram Haritası

Ayrıca, bu yapıların yalnızca mimarisi değil aynı zamanda sosyal, kültürel ve dini bağlamları ile mekânsal ve strüktürel özellikleri ele alınmaktadır. Aynı zamanda Osmanlı mimarisinin erken, klasik ve geç dönemleri karşılaştırmalı olarak incelenmiş olup bu mimarinin Avrupa mimarisi ile etkileşimleri de yine bu ders kapsamında işlenmektedir. Diğer taraftan bu ders kapsamında Cumhuriyet dönemi Türk mimarlığı da ele alınan konulardan bir diğerini oluşturmaktadır (Görsel 3).

Çizelge 4. Mimarlık tarihi-II dersinde öne çıkan kavramlar

No	Kavramlar	Frekans (n)	Yüzde (%)
1.	mimarlık	98	6,95
2.	mimari	67	4,75
3.	dönem	59	4,18
4.	tarih	33	2,34
5.	türk	24	1,70
6.	yapı	22	1,56
7.	anadolu	21	1,49
8.	sanat	20	1,42
9.	islam	19	1,35
10.	osmanlı	16	1,13

Mimarlık tarihi-III derslerinin içerik analizlerine bakıldığında ise Türkiye'deki üniversitelerde genellikle Anadolu (n:21) ve Türk-İslam (n:17) mimarisi ile birlikte Osmanlı mimarlığının (n:26) gelişim süreçlerine odaklanıldığı görülmüştür. Bu derslerde diğer taraftan Selçuklu (n:9) dönemi mimarisine de yer verilmiştir. Osmanlı mimarlığında Mimar Sinan'ın yapılarından Klasik Osmanlı mimarisine ve Batılılaşma Dönemi'ne kadar uzanan süreçte gelişen mimari üsluplar, yapısal ve mekânsal değişiklikler ders kapsamında öne çıkan konular arasında gelmiştir (Görsel 4).

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



Görsel 4. Mimarlık Tarihi-III Dersinin Kavram Haritası

Ders kapsamında yine bir önceki ders döneminde olduğu gibi bu dönemde de mimari dönemlerin karşılaştırmalı analizlerine devam edilmektedir. Öte yandan Selçuklu mimarisi gibi diğer Türk devletlerinin de mimarlık tarihindeki yeri ders kapsamında incelenen bir diğer konudur (Görsel 4 ve Çizelge 5).

Çizelge 5. Mimarlık tarihi-II dersinde öne çıkan kavramlar

No	Kavramlar	Frekans (n)	Yüzde (%)
1.	mimarlık	74	7,51
2.	mimari	45	4,56
3.	dönem	33	3,35
4.	osmanlı	26	2,64
5.	anadolu	21	2,13
6.	türk	17	1,72
7.	islam	14	1,42
8.	sanat	14	1,42
9.	değişim	12	1,22
10.	selçuklu	9	0,91

Mimarlık tarihi-IV derslerinin ders içeriklerini değerlendirildiğinde ise bu ders kapsamında Türkiye'deki üniversitelerde Osmanlı mimarlığından modernizme kadar olan süreç incelendiği görülmüştür. Ders içeriği Osmanlı mimarisi üzerindeki etkilerini, yapım teknolojilerindeki yenilikleri ve dönemin estetik anlayışı ile başlayan ders Batılılaşma Dönemi'nde Osmanlı mimarisinde yaşanan değişimler devam etmekte olup sonrasında ise modernizm ve postmodernizme ile ilerlemektedir (Görsel 5 ve Çizelge 6).

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



Görsel 5. Mimarlık Tarihi-IV Dersinin Kavram Haritası

Endüstri devriminden ile ortaya çıkan yenilikler, işlevsellik ve strüktürel rasyonellik gibi çeşitli ilkeler ders kapsamında değinilen diğer noktalar olmuştur. Ayrıca Türkiye'de modernizm sonrası mimari gelişmeler, Cumhuriyet Dönemi mimarlığı ve çağdaş mimarlık akımları da bu ders kapsamında yer yer ele alınmakta olup Türk mimarisinin klasik dönemden modernizme kadar geçirdiği dönüşümler ve sosyal, ekonomik ve kültürel bağlamlarını süreç içerisinde ele alınan diğer konu başlıklarını oluşturmaktadır (Görsel 5 ve Çizelge 6).

Çizelge 6. Mimarlık tarihi-IV dersinde öne çıkan kavramlar

No	Kavramlar	Frekans (n)	Yüzde (%)
1.	mimarlık	32	7,86
2.	mimari	23	5,65
3.	osmanlı	18	4,42
4.	türk	12	2,95
5.	dönem	11	2,70
6.	anadolu	9	2,21
7.	islam	8	1,97
8.	modernizm	6	1,47
9.	sanat	6	1,47
10.	klasik	5	1,23

3.1. Mimarlık Tarihi Ders İçeriklerinin Genel Perspektifine Yönelik Değerlendirmeler

Mimarlık lisans eğitimi boyunca verilen mimarlık tarihi derslerinin tümü bir arada değerlen)dirildiğinde ders kapsamında öne çıkan kelimeler mimarlık (n:317), dönem (n:159), tarih (n:88), yapı (n:61) ve sanat (n:58)olduğu görülmüştür. Ders kapsamında lisans eğitiminde ağırlıklı olarak tarihsel dönemlere ve kültürel çerçevelere odaklanılmıştır. Ağırlıklı olarak Anadolu mimarisi (n:66), Osmanlı mimarisi (n:61) İslam mimarisi (n:45) Bizans mimarisi gibi dönemlere odaklanmakla birlikte Roma dönemi (n:29), Rönesans dönemi (n:29) de ders içeriklerinde öne çıkan diğer konular olmuştur. Bu durum mimarlık tarihi derslerinin dünya medeniyetleri ve kültürel miras açısından geniş bir alana yayıldığını göstermektedir (Görsel 6 ve Çizelge 7).

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



Görsel 6. Tüm Mimarlık Tarihi Derslerinin (I-II-III-IV) Kavram Haritası

Öte yandan teknik, malzeme, konstrüksiyon ve fonksiyon kavramları başta olmak üzere dönem özelinde çeşitli yapısal ve teknik kavramların ön planda olduğu görülmektedir. Buna ek olarak kültür, sosyal, ekonomi ve politika gibi kavramları varlığı ise mimarlığın aynı zamanda sanat, toplum ve kültürel bir olgu olarak ele alınmaktadır (Görsel 6 ve Çizelge 7).

Çizelge 7. Mimarlık tarihi derslerinde öne çıkan kavramlar

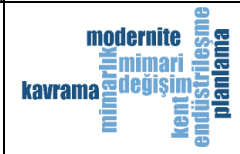
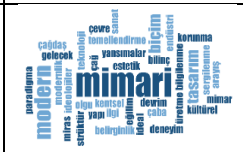
No	Kavramlar	Frekans (n)	Yüzde (%)
1.	mimarlık	317	30,36
2.	mimar	208	19,92
3.	dönem	159	15,23
4.	tarih	88	8,43
5.	anadolu	66	6,32
6.	osmanlı	61	5,84
7.	yapı	61	5,84
8.	sanat	58	5,56
9.	türk	55	5,27
10.	islam	45	4,31
11.	kültürel	34	3,26
12.	avrupa	31	2,97
13.	teknik	30	2,87
14.	roma	29	2,78
15.	rönesans	29	2,78
16.	modern	28	2,68
17.	dünya	27	2,59
18.	üslup	27	2,59
19.	toplumsal	26	2,49
20.	selçuklu	24	2,30

4. GENEL DEĞERLENDİRME VE SONUÇLAR

Mimarlık tarihi dersleri, geniş bir tarihsel yelpazeyi kapsayan ve öğrencilerin mimarlık tarihini keşfetmelerini hedeflemektedir. Dersler kronolojik bir tarih süreci ile birlikte çeşitli kültürler ve dönemler arasındaki ilişkileri ortaya koyan bir yapıya sahiptir. Bu işleyiş ile mimarlık tarihi dersleri öğrencilerin farklı coğrafyaların mimari gelişimlerine dair bilgi edinmelerini ve bu gelişimlerin sosyo-kültürel bağlamlarını kavramalarına olanak tanımaktadır. Mimarlık tarihi derslerinin aşamalı olarak verilmesi öğrencilerin lisans eğitimi boyunca daha derinlemesine bilgi sahibi olmaları, kavramsal becerilerini aşamalı olarak geliştirmeleri noktasında önemlidir. Çalışmada yapılan analizler ışığında hem eğitim öğretim faaliyetine yeni başlayacak olan hem de mimarlık tarihi ders müfredat programını revize edecek olan mimarlık bölümlerine bir referans oluşturması niteliğinde bir ders kataloğu oluşturulmuştur (Çizelge 8).

Çizelge 8. Mimarlık tarihi ders içerik kataloğu

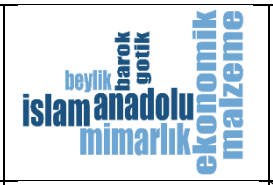
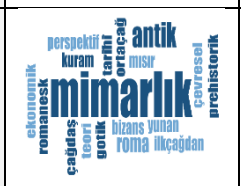
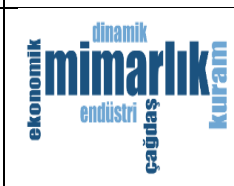
No	Üniversite Adı	Mimarlık Tarihi-I Kavram Şeması	Mimarlık Tarihi-II Kavram Şeması	Mimarlık Tarihi-III Kavram Şeması	Mimarlık Tarihi-IV Kavram Şeması
1.	Atatürk Üniversitesi				
2.	Atılım Üniversitesi				
3.	Balıkesir Üniversitesi				
4.	Beykent Üniversitesi				
5.	Bingöl Üniversitesi				
6.	Bursa Uludağ Üniversitesi				
7.	Doğu Akdeniz Üniversitesi				

8.	Dokuz Eylül Üniversitesi				
9.	Düzce Üniversitesi				
10.	Erciyes Üniversitesi				
11.	Eskişehir Osmangazi Üniversitesi				
12.	Fatih Sultan Mehmet Vakıf Üniversitesi				
13.	Gebze Teknik Üniversitesi				
14.	Girne Amerikan Üniversitesi				
15.	Harran Üniversitesi				
16.	Hasan Kalyoncu Üniversitesi				
17.	İstanbul Bilgi Üniversitesi				

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

18.	İstanbul Teknik Üniversitesi				
19.	İstanbul Ticaret Üniversitesi				
20.	İstanbul Yeni Yüzyıl Üniversitesi				
21.	İzmir Ekonomi Üniversitesi				
22.	İzmir Yüksek Teknoloji Enstitüsü				
23.	Karadeniz Teknik Üniversitesi				
24.	Maltepe Üniversitesi				
25.	Mardin Artuklu Üniversitesi				
26.	Necmettin Erbakan Üniversitesi				
27.	Ondokuz Mayıs Üniversitesi				

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

28.	Pamukkale Üniversitesi				
29.	Süleyman Demirel Üniversitesi				
30.	Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi				
31.	Toros Üniversitesi				
32.	Trakya Üniversitesi				
33.	Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi				
34.	Yıldız Teknik Üniversitesi				
35.	Yozgat Bozok Üniversitesi				

Eğitim-öğretim faaliyetine yeni başlayacak ya da müfredatını revize etmeyi planlayan mimarlık bölümlerinin mimarlık tarihi ders içeriklerine yönelik öneriler aşağıda sıralanmıştır:

- Mimarlık tarihi dersleri belirli tema ve/veya dönemlere ayrılarak modüller şeklinde oluşturulabilir ve her seviyede belirli bir dönemin mimari anlayışına ve bununla birlikte o dönemin kültürel, sosyal ve ekonomik koşulları ile birlikte derinlemesine bir ders içeriği tasarlanabilir. Böylelikle öğrenciler tarihsel süreçleri ve evrimsel gelişmeleri adım adım daha iyi bir şekilde öğrenebilecektir.
- Farklı mimarlık dönemlerinin birbirleri ile karşılaştırmalı analizler ile incelenerek dönemlerin benzerlik ve farklılıkları, üslup anlayışları arasındaki geçişler ve tarih

süreci içerisindeki evrimi ders kapsamında ortaya koyulabilir. Her konuyu kendine özgü bağlamı içerisinde derinlemesine incelemek ve birbiri ile karşılaştırmak öğrencilerin analitik ve karşılaştırmalı düşünme beceri yeteneklerini geliştirecektir.

- Mimarlık tarihi derslerinin disiplinler arası bir yapıya kavuşturulması, öğrencilerin farklı perspektiflerden faydalanmasını sağlayacaktır. Tarih, sosyoloji, sanat tarihi ve arkeoloji gibi alanlardan edinilecek bilgi ve analizler, mimarlık tarihi derslerinin derinliğini artırarak öğrencilerin mimari yapıları daha geniş bir bağlamda değerlendirmesine olanak tanıyacaktır. Bu tür bir yaklaşım, öğrencileri aynı zamanda kültürel ve toplumsal yansımaları ile de ilgilenmelerini teşvik edeceği düşünülmektedir.
- Mimarlık tarihi derslerinde öğrencilere sadece bilgi aktarmak değil, aynı zamanda eleştirel düşünme becerilerini geliştirmek de hedeflenmelidir. Öğrenciler, tarihî yapı ve dönemlerin analizinde yalnızca betimsel bilgilere dayanmak yerine, mimari üslupların ardında yatan sosyal, politik ve ekonomik etkileri de sorgulamalıdır. Bu sayede öğrenciler, geçmiş dönemlerin mimari anlayışlarını değerlendirirken çağdaş mimari yaklaşımlara da eleştirel bir bakış açısıyla yaklaşabilirler ve gelecekteki tasarımlarına daha bilinçli bir temel oluşturabilirler.
- Çalışma kapsamında analiz edilen ders içeriklerinden yola çıkarak mimarlık tarihi dersleri iki ve üç dönem kapsamında ele alınabileceği gibi dört ana ders kapsamında da verilebilir. İlk seviye mimarlık tarihi derslerinde ağırlıklı olarak tarih öncesi ve antik medeniyetlerine odaklanılırken, ikinci seviyede Yunan, Roma, Bizans, gotik vb. gibi klasik ve ortaçağ dönemlerine yoğunlaşılabilir. Üçüncü seviyede İslam ve Osmanlı mimari anlayışı derinlemesine incelenebilirken dördüncü seviyede ise modern mimarlık anlayışı ve akımlarına yönelim gösterilebilir. Böylece öğrenciler zaman şeridinde mimarlık tarihi üzerinde kapsamlı ve detaylı bir bilgi sahibi olabilir ve her dönemin temel anlayışını detaylı bir şekilde kavrayabilecektir.

KAYNAKÇA

1. Benian, E. ve Mısırlı, A., *Mekân Deneyiminin Mimarlık Tarihi Eğitimine Katkısı.* Uluslararası Stratejik Araştırmalar Kongresi, Antalya, Türkiye, 2017.

2. Ching, F. D. K., *Architecture: Form, Space, and Order*, New York: John Wiley & Sons, 2011.

3. Kuban, D., *Mimarlık Kavramları*, İstanbul: YEM Yayın, 2007.

4. Leach, A., *What is Architectural History?*, John Wiley & Sons, 2013.

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

ASSESSMENT OF THE CURRENT STATE OF MANUFACTURING ENTERPRISES IN ALBANIA AND FUTURE CHALLENGES

Ina VEJSIU[1], Erald KOLA[2], Saimir BEQO[3]

[1] Agricultural University of Tirana, Faculty of Forestry Sciences 0009-0009-7849-7129

[2] Agricultural University of Tirana, Faculty of Forestry Sciences, 0009-0003-4333-7295

[3] Agricultural University of Tirana, Faculty of Forestry Sciences, 0009-0003-5482-6182

ABSTRACT

The wood processing industry and furniture manufacturing industry in Albania is undergoing significant transformations. To assist in this transformation, some of the main companies in the country have organized themselves and enrolled in WICA (Wood Industry Cluster of Albania). This cluster plays a key role in promoting collaboration among enterprises, strengthening production networks, and facilitating the exchange of knowledge and best practices. Participation in this association brings positive effects, such as increased competition, innovation, and easier access to international markets.

To assess the current state of the industry and the challenges it faces, a survey was conducted among key stakeholders, including business owners, employees, and industry experts. This survey utilized a mixed-methods approach, combining quantitative data from structured questionnaires with qualitative insights from interviews. The findings highlighted critical challenges such as the lack of adequate infrastructure, administrative barriers, and the need for skilled labor. This survey was conducted by the WICA and Faculty of Forestry Sciences representatives.

Despite recent improvements, there is a high demand for a qualified workforce, which is essential to support high production standards and compete in global markets. To ensure sustainable development in the industry, it is necessary for enterprises to invest in new technologies and establish collaborative strategies with educational institutions and government agencies. This will help strengthen workforce capabilities and contribute to the sustainable growth of the manufacturing sector in Albania, enhancing benefits for all stakeholders involved.
Keywords: WICA, wood processing, surveys, innovation, improvements

1. INTRODUCTION

The manufacturing sector is a vital component of Albania's economic landscape, serving as a critical driver for growth, job creation, and technological advancement. Following the transition from a centrally planned economy to a market-oriented structure in the early 1990s, Albania has witnessed significant changes in its manufacturing capabilities. The current state of manufacturing enterprises in Albania is characterized by a mixture of traditional and modern practices, with sectors such as textiles, food processing, and metalworking standing out as crucial contributors to the country's GDP.

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

Despite showcasing potential for growth and development, Albanian manufacturing faces a myriad of challenges. These include aging infrastructure, limited access to finance, insufficient domestic raw materials, and a need for modernization and skill development among the workforce **[1]**. The globalization of trade has also introduced stiff competition from neighboring countries, urging local enterprises to innovate and adapt to remain viable. Furthermore, environmental sustainability and compliance with international standards have become increasingly important, pushing manufacturers to rethink their operational practices **[2]**.

To comprehensively assess the current state of its enterprises, it is essential to explore not only the economic indicators, such as production output and employment rates, but also qualitative aspects like technological adoption, workforce skills, and the overall regulatory environment. A recent conference on industrial development highlighted that embracing smart manufacturing technologies is crucial for competitiveness and efficiency **[3].** Additionally, the integration of Industry 4.0 technologies poses both an opportunity and a challenge, requiring enterprises to invest in advancements that enhance productivity **[4]**.

As Albania endeavors to move towards a more competitive manufacturing ecosystem, several challenges must be addressed to ensure sustainability and growth. Key issues include enhancing infrastructure to support industry needs, improving access to financing for small and medium-sized enterprises (SMEs), and fostering a skilled workforce through targeted education and training programs **[5]**. Policies aimed at creating an attractive investment climate, promoting innovation, and enhancing collaboration between the private sector and government institutions are crucial for overcoming these challenges **[6]**.

Looking forward, the commitment to enhancing environmental sustainability and meeting international standards will be paramount. The importance of developing a circular economy has been emphasized in recent studies, highlighting its potential to transform Albania's manufacturing landscape to be more resilient and sustainable **[7]**.

In conclusion, while the manufacturing industry in Albania shows promise, it is accompanied by numerous challenges requiring strategic intervention. A comprehensive assessment that considers both current capabilities and future hurdles is critical for stakeholders aiming to position Albania’s manufacturing sector on a path toward sustainable growth and competitiveness in the global market.

2. METHODS

This study is based on a questionnaire conducted with some of the largest companies in the furniture and woodworking industry in Albania. Survey research is defined as “the collection of information from a sample of individuals through their responses to questions” **[8].** Survey research is a useful and legitimate approach to research that has clear benefits in helping to describe and explore variables and constructs of interest **[9].** In survey research, we used sampling techniques to collect data from a group of companies. This allows us to get a picture of what is happening in that group. We also use data collection tools to help us collect this information. And finally, we use data analysis techniques to understand what this data means **[10].** Questionnaires are used to answer questions and solve problems, to assess needs, to set goals, to determine whether goals have been achieved, to form the basis for future

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

comparisons, to analyze and explain trends over time and what exists in general, in what quantity and at what level .

The aim of this questionnaire is to provide an overview of the raw wood industry from the producer's perspective. This perspective is related to various issues and connected with different aspects, from their activities, starting from the problematics with the workforce to their qualification, recognition and acts for environmental protection, etc.

The questionnaires were delivered to each of the companies selected to be interviewed. Initially, the questions and the purpose of asking each question were explained. The companies had a period of one week to answer these questions. This is done so that the companies are not influenced by the interviewer while they are filling in their answers. The questions are of the Closed-end type and the companies are forced to select only one of the listed answers. Then, using the Excel program, graphs are built for each answer and we are able to see visually how the companies have responded

3. RESULTS AND DISCUSSION

The results of interviews with some of the furniture and other wood products manufacturers companies in Albania are presented in the table below. From this data, taken from the perspective of the manufacturers, we can reach some important conclusions about the current state of the Wood Processing Industry as well as the future of this industry.

Table 1. Results of survey

How do you assess the current situation of the furniture manufacturing industry?			
Very good	Good	Average	Poor
8	7	0	0
2. Which of the issues is the most important?			
Raw material	Technology	Workforce	Management
3	4	7	1
3. How important is government support for the wood industry?			
Very important	Important	Unimportant	No support
3	9	3	0
4. How do you assess access to raw materials?			
Sufficient	Average	Insufficient	Serious problem
4	8	3	0
5. Do you export the product?			
A lot	Average	Little	Not at all
6	6	4	0
6. What is the impact of technology on increasing the efficiency of the industry?			
Very High	Moderate	Low	No impact
10	4	1	0
7. Is there a shortage of skilled labor in this industry?			
A lot	Average	A Little	Not at all

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

9	6	0	0
8. How does the current legislation on forest protection affect the development of this industry?			
Positively	Negatively	Slightly Affects	Not at all
4	5	6	0
9. Are there improvements in the export of processed wood products?			
A lot	Slightly	A little	No improvements
6	6	3	0
10. What are the main challenges for Albanian wood exports?			
Quality	Standards	Competition	Infrastructure
3	5	5	3
11. Is the wood industry integrated with tourism in Albania?			
A lot	Moderately	Slightly integrated	Not at all integrated
10	4	1	0
12. How do you assess the role of vocational training in this sector?			
Important	Moderately	Slightly important	Not at all
8	7	0	0
13. What is the division between imported and locally produced raw materials?			
Mostly foreign production	A little foreign production	Mostly domestic production	Little domestic production
8	5	2	0
14. What are the most demanded products in the domestic market of wood-based products?			
Furniture	Parquet	Doors-Windows	Other type
7	0	2	6
15. Does Albania have the capacity to meet the needs of the domestic market with wood products?			
Fully	Moderately	Slightly	Not at all
6	7	2	0
16. What is the impact of climate change on the supply of wood in Albania?			
Large	Medium	Small	Not at all
3	6	5	1
17. How do you assess the support of institutions for the implementation of environmental sustainability?			
Very commited	Commited	Slightly commited	Not commited at all
18. What measures do you think should be taken to improve this industry?			
Investment in technology	Financial support	Professional training	Environmental protection
5	3	6	1
19. How do you assess the quality of furniture produced in Albania?			
Very high	High	Average	Low
2	8	4	0
20. What is the most important factor for you when producing a new furniture model?			

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

Price	Quality	Design	Material
3	6	3	2
21. How do you assess the price of furniture produced in Albania?			
Very competitive	Competitive	Average	High
3	5	5	2
22. What is the warranty period for the furniture produced by you?			
5 years	3 years	1 year	No warranty
6	4	5	0
23. What marketing methods do you use?			
Online media	Radio	TV	other
9	2	3	0
24. How do you see the future of this sector?			
Much better	Better	Same	Worsened
6	6	3	0

From the table results, it is worth noting that for Albanian companies the current situation of the manufacturing industry is assessed as “Very good”. This is a fairly positive starting point, related to both manufacturers and furniture consumers and other market players. This assessment comes in the face of difficult conditions for the development of their activity, where among the main problems they mention the lack of labor force and the technological level.

In logical flow with the results of the answers to the first two questions is the result of the answers to the third question, which is related to the support of this sector by the government, where in the vast majority of companies see the role of the government as important in supporting their activity.

The raw material in this industry is not seen as a problem by the manufacturers. Mainly furniture manufacturers use melamine or MDF panels as raw material, which they obtain from imports. Companies that produce their products from solid wood have problems with securing raw materials, this is due to the fact that in our country we have in force Law No. 5/2016 “ON THE DECLARATION OF A MORATORIUM ON FORESTRY IN THE REPUBLIC OF ALBANIA”.

It is also worth noting that our companies export their products outside Albania. This comes as a result of the connections they have with certain people in foreign countries, mainly Europe and the USA, but also with the fact that in terms of product quality, products made in Albania are easily comparable to products produced abroad.

Another factor that affects the level of exports is the fact that our companies are very flexible in their offer. This means that they are ready to undertake the realization of the product according to the requirements of customers, according to their specific order and not based on the models presented in the showroom or catalogs. It should not be forgotten that such an enterprise also requires great flexibility in technology, capable and ready to produce a wide range of products within a short time.

Investments in technology are at high levels. Mainly our companies are equipped with contemporary technology. Thus we can mention investments made in NC beam saw, CNC

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

drilling machines, 5 axial CNC routers, PU edgebanding machine, surface treatment machines, automated lines for painting and drying the product, etc.

Like every good thing that has a bad thing, technological development has brought another problem, which is the lack of qualified labor force. For this purpose, several steps and initiatives have been taken. We can mention the project "Fostering sustainable development in the Albanian wood sector through improved manufacturing capacities and skills training", financed by slovenian government and implemented by UNIDO.

The use of modern technology as well as high-quality raw and auxiliary materials greatly facilitate the conditions of transport and the possibilities to export products. This is easier when we are dealing with private clients outside Albania. Difficulties arise when a product certificate is required, since in our country we do not have laboratories for its testing and certification.

One of the most widespread forms of marketing in our country is advertising in online media, where we would list Instagram and Facebook as the most preferred platforms. This form of marketing has certainly brought increased visibility to their activity abroad, without being hindered by administrative borders. A fact worth noting is that in most cases customers remain satisfied with the products they receive. This ensures continuity and growth of customers.

In conclusion, we can say that the situation of furniture manufacturers in Albania is satisfactory but presents some important challenges for its future. This industry has successfully faced the challenges of development in a market competition that is often unfair and has adapted to an economic reality that includes not only our country, but also foreign markets. This study results in the need for professional training, testing laboratories for their products.

As it was predicted in earlier studies by the authors, It should be emphasized that the transition to a circular economy also requires continuous staff training, which still presents some challenges for our companies **[11]** .

As for the future, it is intended to strengthen cooperation between companies and universities regarding wood treatment methods, product design as well as professional education.

REFERENCES

[1] Shkupi, D., Hyseni, A., & Haxhiu, I. (2021). Manufacturing Challenges in Albania: A Sector Analysis. Journal of Management and Economic Studies. World Bank. (2023). Albania Economic Update: Transforming the Economy.

[2] Goga, H., Miftari, A., & Kushi, A. (2023). *Sustainability in Albanian Manufacturing: Current Practices and Future Directions*. Conference on Sustainable Industrial Development.

[3] Krasniqi, A. (2022). *Emerging Trends in Albanian Manufacturing: Insights from the 2022 Industrial Development Conference*. Conference Proceedings

[4] Institute for Nature and Development. (2022). *The Future of Manufacturing in Albania: Innovations and Opportunities*. Retrieved from [Institute for Nature and Development Website].

[5] Bardhi, M., & Ahmeti, F. (2023). *Financing Options for SMEs in Albania: Challenges and Opportunities*. Journal of Business Studies.

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

[6] Cakuli, D., & Dino, J. (2023). *Government Policies and Their Impact on the Manufacturing Sector in Albania: A Policy Review*. Conference on Economic Development.

[7] Mullai, A. (2023). *Circular Economy in Albanian Manufacturing: A Path to Sustainability*. International Journal of Economics and Business Research

[8] Check, J., & Schutt, R. K. (2012). Survey research. In J. Check& R. K. Schutt (Eds.). Research methods in education. (pp.159–185). Thousand Oaks, CA: Sage Publications

[9] Ponto, Julie. (2015). Understanding and Evaluating Survey Research. Journal of the advanced practitioner in oncology. 6. 168-17

[10] Gül, Yavuz. (2023). A theoretical perspective on survey method from quantitative research methods. Universum. 4. 64-68. 10.32743/UniPsy.2023.106.4.15254.

[11] Vejsiu, I., & Kola, E. (2024). Circular economy toward a sustainable concept in the wood processing sector in Albania. Advanced Engineering Science, 4, page numbers.

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

PINUS NIGRA GROWTH DYNAMICS MODULATED BY COMPETITION AND CLIMATE VARIABILITY

Edmond PASHO[1], Arben Q. ALLA[2], Leonard LLESHI[3]

[1]Agricultural University of Tirana, Faculty of Forestry Sciences, https://orcid.org/0000-0001-5699-4858
[2]Agricultural University of Tirana, Faculty of Forestry Sciences, https://orcid.org/0000-0002-6937-2940
[3]Agricultural University of Tirana, Faculty of Forestry Sciences,

ABSTRACT

This study aimed at evaluating tree growth variability and the influence of climatic factors and competition on a *Pinus nigra* plantation located in north Albania. Field sampling consisted of dendrometric measurements (diameter at breast height (dbh), height, crown radius (CR)) and radial growth samples (earlywood (EW), latewood (LW), tree-ring width (TRW); the latter were measured and analysed using dendrochronological methods. Prior to the analysis, trees were classified in two classes (dominant trees (DT) and supressed trees (ST)) based on the social status. ANOVA was used to compare growth of trees within the study area and between social classes whereas linear regression analysis was employed to assess the relationship of growth variables with Hegyi competition index. Pearson correlation analysis was performed to evaluate the association among radial growth components, as well as the impact of climate on radial growth variability. Growth variables were statistically different between the social classes. Radial growth components showed higher values in social class DT as compared to the ST social class. Hegyi index showed significant negative correlation with growth variables (TRW, dbh, CR) when all trees were considered but varied when trees were grouped based on the social status. In the social class DT, EW growth was positively/negatively affected by summer precipitation/temperature whereas LW growth was positively associated with precipitation (march, summer and total) and negatively with summer temperatures. TRW showed positive relationship with precipitation in May, June and July, and negative association with August temperature. In the social class ST, EW growth showed positive and significant relationship with August precipitation and negative association with temperatures in August and September of the previous year and August of the current year. LW demonstrated positive association with summer precipitation and negative correlation with previous September, current March, July and August temperatures. TRW presented positive relationship with summer and December precipitation whereas previous September and current July and August temperatures negatively affected TRW. Findings of this study serve as a basis to identify the most appropriate strategies to mitigate the impacts of climate change on growth of this species.
Keywords: *Pinus nigra*, growth, climate, competition, social classes.

1. INTRODUCTION

Forest ecosystems have a significant impact on the environment. Protection, restoration and increase of forest areas constitute an essential factor for mitigating the negative impacts on the environment. Planting different tree species and origins suitable for possible future climates in Europe has been suggested as a vital strategy supporting the adaptation of European forest

ecosystems to climate change(Temperli et al., 2012). Plantations of *P. nigra* have expanded throughout the world as this species is characterized by rapid growth and large volume production, modest ecological requirements, adaptation to poor soil conditions, erosion control, improvement of water quantity and quality, carbon sequestration and storage, etc(Rollinson, 2012). Climate is the most important environmental factor influencing radial growth of trees(Fritts, 1976). Studies carried out in *P. nigra* have highlighted the dependence of radial growth on spring precipitation(Linares and Tíscar, 2010; Martín-Benito et al., 2010), and previous fall moisture and cool conditions(Camarero et al., 2013). Warm conditions during the late winter and early spring also promoted the production of broad annual rings in wet areas but had the opposite effect in dry areas as they caused reduction of wood growth in summer and early autumn(Galván et al., 2015). (Andreu et al., 2007) observed that rainfall in summer positively affects the radial growth of *P. nigra*.

Pinus nigra is a widely distributed species in the Mediterranean basin where summer droughts are frequent. In this region, climate warming increases water stress and thus has a negative impact on growth of this species, while in Central Europe, climate change is thought to lead to an expansion of its range(Boisvenue and Running, 2006). In Albania, *P. nigra* is one of the most important forest species in terms of altitudinal distribution and productivity(Levanič and Toromani, 2010). The natural extent of *P. nigra* in Albania is found in Puka, Qafë Shtama, Elbasan, Llogara, Mirdita and Fushë Arrëz. It is also widely used for afforestation, providing cover for the terrain, protecting soil from erosion, and producing significant amounts of wood material.

This study aimed to assess the growth variability and analyse the response of a *P. nigra* plantation to climate conditions. The objectives of this study were to evaluate the: (1) growth dynamics (diameter at breast height (dbh), earlywood (EW), latewood (LW), tree-ring width (TRW), height, crown radius) and the relationships among growth variables in *P. nigra*; (2) impact of climate and competition on tree growth of *P. nigra* plantation. The findings of this study will potentially provide information on the degree of adaptation of *P. nigra* plantations to changing climate conditions and competition stress, therefore, supporting the management strategies of these forests in the country.

2. METHODS

2.1 Study area

Study area is located in the district of Shkodra (42°06'57"N; 19°43'51"E), 975 m a.s.l, moderate slope (25%), south-west aspects and is covered by *P. nigra* trees. Climate is mild and wet in autumn and winter, while spring and summer are drier and hotter. Soils are brown and dark brown located on limestone and flysch formations.

2.2. Sampling and data collection

In 2021, a *P. nigra* plantation site was sampled on a circular area of 500 m^2. For each tree, the diameter at breast height (d.b.h), height, distance from the nearest neighboring tree and the four-crown radius were measured. The social status of trees was determined (Kraft, 1884) by grouping them in two social classes: (1) dominant trees (DT) and (2) supressed trees (ST). For each tree, two radial growth samples were extracted to assess seasonal (earlywood and latewood) and annual (ring width) variability in diameter growth.

2.3. Preparation of radial growth samples, measurement, and standardization

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

All samples were first subjected to visual cross-dating. Then, earlywood (EW), latewood (LW) and tree-ring (TRW) width were measured using a LINTAB device (Rinntech, Germany) and the program TSAP with an accuracy of 0.001 mm. The quality of visual cross-dating was verified using the COFECHA program(Holmes, 1983). The radial growth data were subjected to a detrending (negative linear or exponential function, and spline functions) and standardization process (dimensionless growth indices)(Cook and Peters, 1997; Shestakova et al., 2017). Standardized series of all trees within a study area were averaged to obtain mean growth series of EW, LW and TRW.

The quality of chronologies was assessed by using dendrochronological statistical indicators (Briffa and Jones, 1990) such as: mean width (MW) of EW, LW and TRW growth series, first order autocorrelation (AC1), the expressed population signal (EPS), the average relationship between the growth series within the study area (Rbar), the average relative difference between the width of consecutive rings (MSx). The study period considered for both social classes (DT, ST) was 1985-2018 since all radial growth chronologies showed values of EPS>0.85, which indicates high representativeness of the forest stand variability in the average growth series(Wigley et al., 1984). The statistical indicators of the chronologies are presented in (Table 1). Standardized series of EW, LW and TRW were used for subsequent statistical analysis.

2.4 Calculation of the tree competition index

The Hegyi competition index (Hegyi, 1974) was used to evaluate the competition pressure on each tree within the sampled area. The Hegyi index (HgCIj) is calculated as it follows:

$$H_g CI_j = \sum_{i=1}^{n} \frac{\frac{d_i}{d_j}}{dist_{ij}} \quad (1)$$

where di and dj are the d.b.h. of competitor *j* and target tree *i*, respectively, and dist*ij* is the distance between trees *i* and *j*.

2.5 Climatic data

Climate data used in this study were obtained from the Global Climate Scientific Research Unit (CRU) TS3.24.01 dataset (http://climexp.knmi.nl) and consisted of mean monthly temperature and total monthly precipitation for the period 1985-2021 (Harris et al., 2014). The data were obtained from the 0.5° resolution square of this database (lat = 41-41.5N, long = 20-20.5E) which also includes the study area. For the description of climate in the study area, average monthly temperatures, total monthly precipitation, as well as the seasonal and annual values of these variables, for the time period 1985-2021, were taken into consideration.

2.6 Statistical analysis

ANOVA statistical analysis was performed to compare mean values of variables considered in the study (tree height, d.b.h., distance to nearest tree, crown radius, EW, LW and TRW). This analysis considered trees between social classes (DT, ST) to assess whether growth parameters present statistically significant differences between the two social classes. Pearson correlation coefficient was used to evaluate the association among radial growth variables and to analyze the influence of climate on radial growth. Radial growth variables were correlated with average monthly temperatures, total monthly precipitation, as well as seasonal and annual values of the

climatic parameters. The period considered for the correlations was from May of the previous year to December of the current growth year. The association between radial growth variables and the climatic variables was considered significant for $p \leq 0.5$ for all correlation analyses. Linear regression was used to model and analyse the relationship between Hegyi competition index and growth variables by fitting a linear equation to the observed data.

3. RESULTS AND DISCUSSION

3.1. Variability and patterns of radial growth

The average width of radial growth components varied between social classes showing clearly higher values in social class DT (Table 1). In social class DT, the average value of EW was 2.30 mm, that of LW was 2.18mm, while the TRW was 4.48 mm. Regarding social class ST, the average width of EW was 1.66 mm, that of LW was 1.51 mm, while the TRW was 3.09 mm. For all trees, the radial growth components ranged in values of 1.98 mm for the EW, 1.84 for the LW and 3.78 mm for the TRW. The highest value of AC1 was observed in TRW in the social class ST while the lowest value for the LW was obtained in the social class DT. The values of MSx were higher for the LW in social class ST, while lower for the TRW in social class DT. Rbar showed the highest values for the EW in the ST social class, while the lowest values for LW were in the DT social class. The EPS was characterized by almost equal values for all growth variables in both social classes, while the lowest value of this indicator was observed in the social class ST and specifically in LW and TRW.

Table 1. Statistics of radial growth chronologies (EW, earlywood width; LW, latewood width; TRW, tree-ring width) for each social class (DT, ST)

	Variables	Trees (radii)	Time span	MW (mm)	SD (mm)	AC1	MSx	Rbar	EPS
DT	EW	41 (76)	2000 – 2021	2.30	1.21	0.73	0.29	0.71	0.99
	LW	41 (79)	2000 – 2021	2.18	1.04	0.61	0.31	0.75	0.99
	TRW	41 (81)	2000 – 2021	4.48	2.16	0.74	0.26	0.75	0.99
ST	EW	31 (52)	1999 – 2021	1.66	1.06	0.80	0.30	0.94	0.99
	LW	31 (53)	1999 – 2021	1.51	1.10	0.77	0.36	0.59	0.98
	TRW	31 (53)	1999 – 2021	3.09	2.10	0.82	0.29	0.63	0.98

Statistics: MW – mean width; SD – standard deviation of width; AC1 – first order autocorrelation; MSx – mean sensitivity; Rbar – mean correlation between series; EPS – expressed population signal. Abbreviations: DT – dominant trees; ST – supressed trees.

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

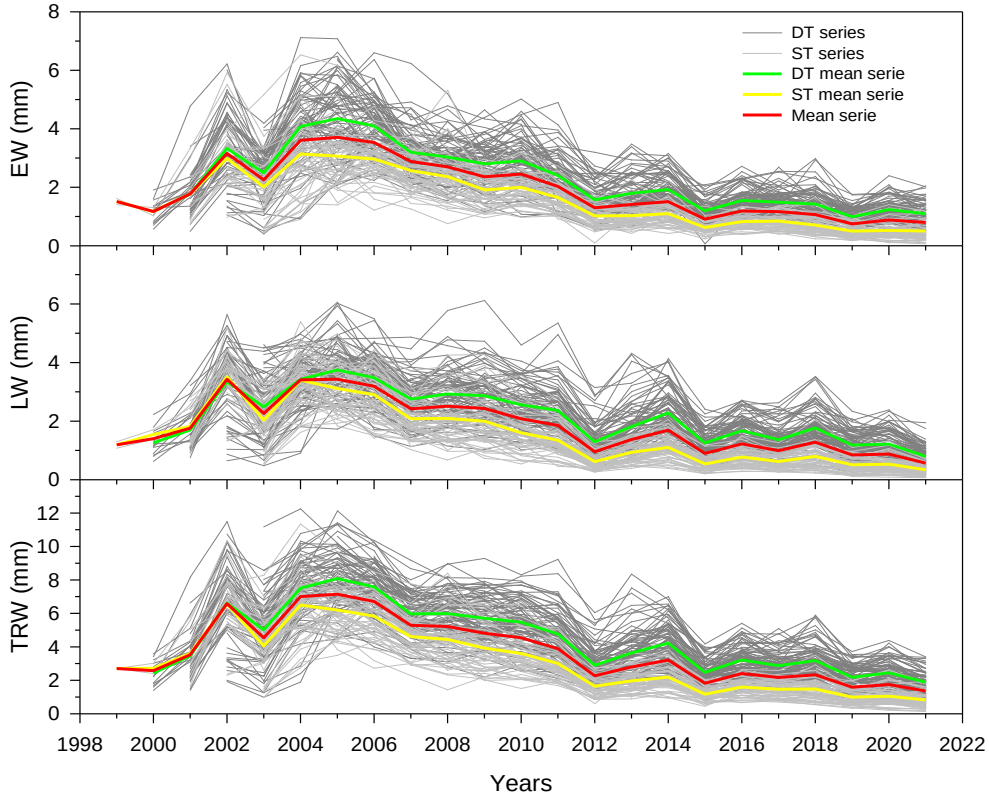


Figure 1. Raw radial growth chronologies (EW – earlywood width, LW – latewood width, TRW – tree-ring width) of *Pinus nigra* in the study area. Abbreviations: DT – dominant trees; ST – supressed trees

Both social classes showed variability in the average values of radial growth parameters which suggests a high dependence on climatic factors. *P. nigra* trees presented high interannual radial growth variability (Figure 1). EW, LW and TRW showed a trend of increasing growth until year 2005, followed by a period (2005-2021) of growth reduction (Figure 1). Years with marked reduction in EW were 2003, 2012 and 2015, while years with significant increase in EW were 2002, 2004, 2005, 2010, 2014. EW showed higher growth values compared to LW during the entire period, within the respective social classes. The greatest variation in annual radial growth resulted in LW and social class ST. Statistically significant changes were found between all growth variables in the two social classes, except for neighbour tree diameter (Table 2). This result suggests that within the stand, growth space available is limited for the trees of social class ST, which showed lower growth compared to the trees of DT social class.

Table 2. Mean values ± standard error of growth variables and their statistical parameters (F, P) for each social class (DT, ST)

	Nr. trees	Height (m)	dbh (cm)	Neighboor tree dbh (cm)	Distance to neighboor (m)	Mean crown radius (m)
DT	41	10.4 ± 0.2	22.0 ± 0.7	18.9 ± 0.9	1.56 ± 0.08	2.15 ± 0.07
ST	31	8.2 ± 0.3	14.8 ± 0.4	17.3 ± 0.9	1.15 ± 0.10	1.51 ± 0.05
F		**32.93**	**69.74**	1.42	**9.98**	**55.35**
P		**<0.0001**	**<0.0001**	0.2376	**0.0023**	**<0.0001**

Abbreviations: DT – dominant trees; ST – supressed trees.

EW, LW and TRW showed statistically significant changes in mean growth values, in both social classes (Figure 2).

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

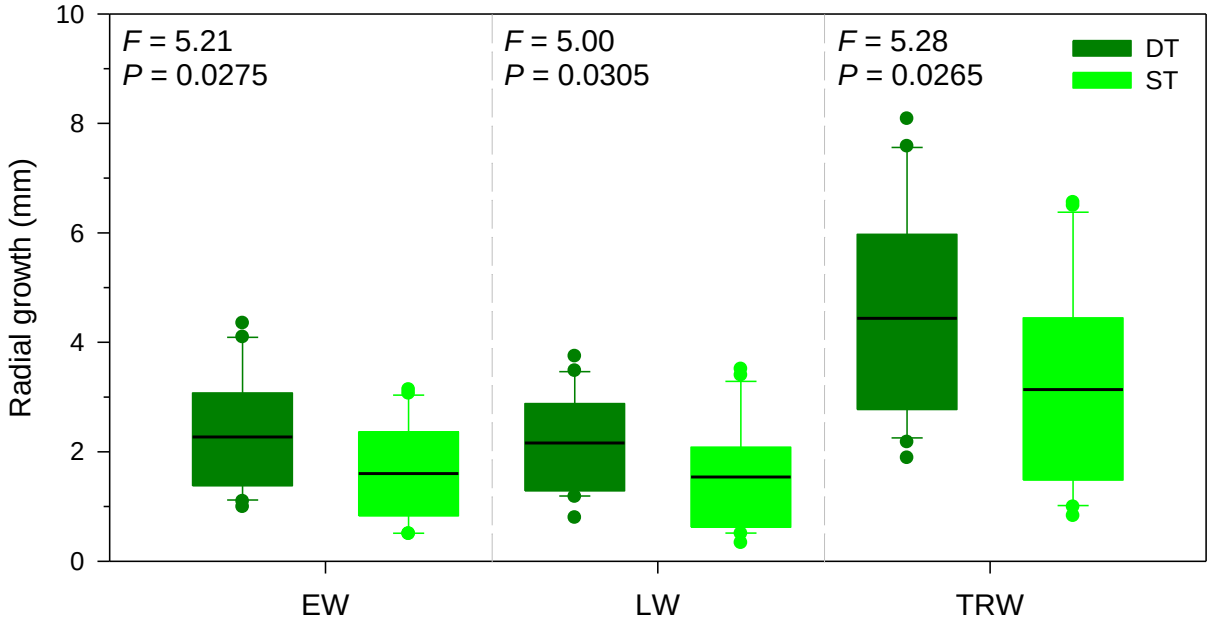


Figure 2. Comparison of radial growth variables (EW – earlywood, LW – latewood, TRW – tree-ring width) between dominant trees (DT) and supressed trees (ST) of *Pinus nigra* in the study area. The black horizontal line represents the mean value.

These changes were more pronounced in case of TRW between social classes DT and ST. The larger growth space available for trees in the social class DT are also reflected in the greater growth of the TRW compared to the social class ST where trees lack the necessary living space.

EW and LW growth showed statistically significant relationship between them as well as with TRW in both social classes (Table 3). The strongest association was achieved between EW and TRW which was higher in the social class DT. Radial growth variables also showed positive impact on the following year's growth, for both social classess, suggesting influence of the current year growth on the following year growth. These relationships are stronger in the case of ST social class, since the supressed trees depend more than dominant trees on the reserves accumulated from the previous year.

Table 3. Significant correlation values (P < 0.05) between radial growth variables (EW, LW, TRW) for each social class (DT, ST) and all trees (T)

	DT			ST			T		
	EW	LW	TRW	EW	LW	TRW	EW	LW	TRW
LW	0.972			0.966			0.965		
TRW	0.994	0.991		0.99	0.992		0.991	0.991	
EW_{t+1}	0.798	0.746	0.783	0.831	0.83	0.837	0.831	0.8	0.825
LW_{t+1}	0.753	0.701	0.737	0.736	0.752	0.751	0.766	0.759	0.771
TRW	0.788	0.736	0.772	0.787	0.795	0.798	0.808	0.789	0.808

Abbreviations: EW –earlywood width; LW – latewood width; TRW – tree-ring width; DT – dominant trees; ST – supressed trees; T – all trees; t+1 – next year.

3.2 The impact of competition on growth of *P. nigra* trees

Hegyi competition index showed significant and negative impact on all growth variables (Figure 3). TRW of all trees and that of the respective social classes (DT and ST) presented great dependence on Hegyi index as statistically significant negative linear relationships were found between them. Growth reduction of TRW was associated with increase in competitive

pressure among individual trees in the stand. The relationship between TRW and Hegyi index was stronger when all trees were considered, followed by ST and DT social classes. Diameter also showed significant and negative relationship with Hegyi index, particularly in the social class DT. Crown radius presented significant negative correlations with all trees but not with social classes separately. The greater competition between trees, the lower space available for crowns' extension, solar radiation and heat, and the smaller is growth. The competition for living space is clearly observed at the crowns level as they interact with each other in an effort to benefit maximally from solar radiation and heat.

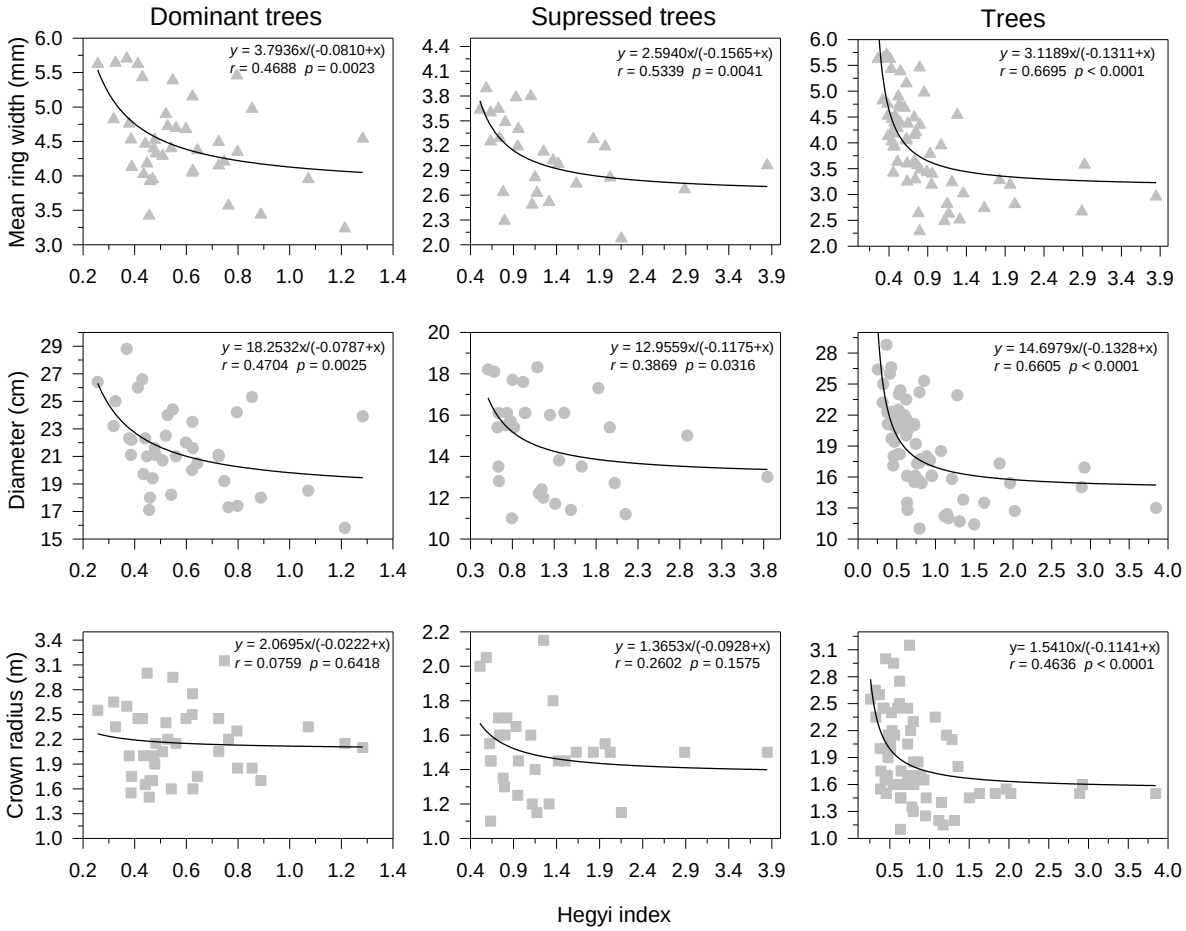


Figure 3. Relationship between growth variables and the Hegyi competition index. For each case, regression equation, correlation values between the variables (r) and the confidence level (p) are presented.

3.3. Climate-growth relationships

Significant influence of precipitation and temperature on radial growth components in both social classes was found. In the DT social class, EW was positively/negatively related with precipitation/temperature during the summer months (Figure 4). LW was positively influenced by March, summer and total precipitation, and negatively by the temperature during summer period. TRW showed positive relationship with May, summer and total precipitation as well as negative association with summer temperatures, mainly in August. In the ST social class, EW showed positive/negative and significant relationship with August precipitation/temperature. LW showed significant positive relationship with precipitation during the summer. Previous year September temperatures and current year March, July and August temperatures had negative impact on LW growth. TRW showed positive and significant relationship with

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

summer and December precipitation, as well as negative association with previous (September) and current year (summer) temperature.

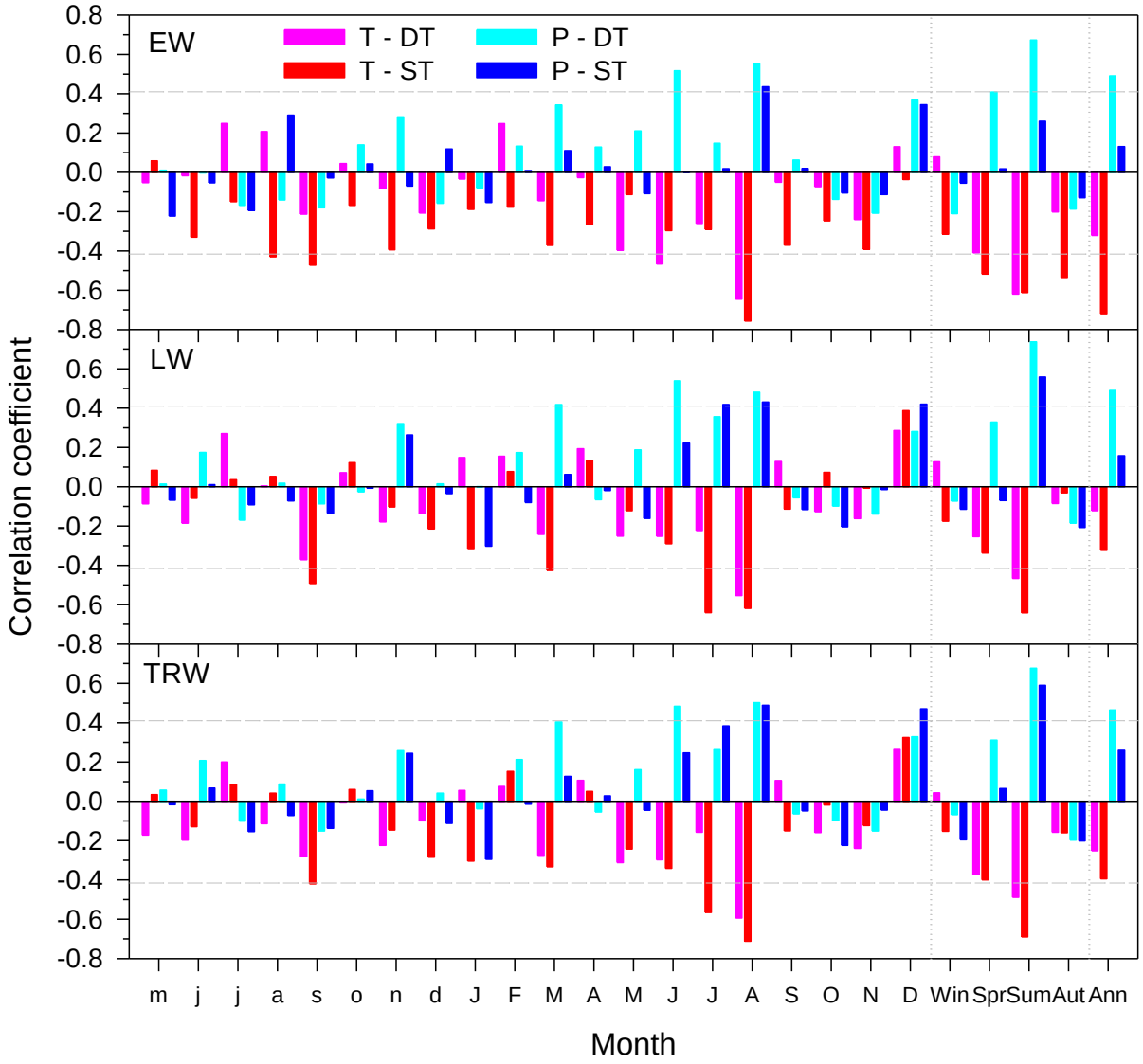


Figure 4. Pearson correlation coefficients calculated between residual chronologies of radial growth variables (EW – earlywood, LW – latewood, TRW – tree-ring width) of dominant (DT) and supressed (ST) trees and climatic (T – mean temperature, P – precipitation) monthly (small letters represent the months of the previous year, while the capital ones represent the months of the current year), seasonal and annual data. The grey dashed horizontal line represents the P < 0.05 significance level threshold.

The associations between *P. nigra* radial growth and summer temperatures (negative) and precipitation (positive) are consistent with previous studies in the Mediterranean region(Andreu et al., 2007; Macias et al., 2006; Sarris et al., 2011). According to Levanič and Toromani (2010), the response of *P. nigra* chronology to local climatic conditions is strong, particularly to monthly June temperature (negative). A similar result was also observed by Martín-Benito et al. (2010), who found that dominant and suppressed trees had a similar pattern of growth response to climatic variables. In both studies, temperature showed variable and significant influence on growth, changing from negative (spring, summer) to positive (late autumn) in different seasons. Growth was negatively affected by high temperature in the late summer and early fall of the previous year.

4. CONCLUSION

P. nigra showed high growth variability within social classes. Growth variables presented significant statistical differences between social classes where the highest growth values were found in the DT social class. Competition significantly influenced growth variables in the stand, in both social classes. The response of trees of the ST social class to the competition index was higher as compared to the DT social class. Summer precipitation favoured tree growth in social class DT, while summer temperatures had a greater negative impact on trees in ST social class. The findings of this study should be used to identify the most suitable strategies to mitigate the impacts of predicted climate changes on growth of *P. nigra* plantations.

5. ACKNOWLEDGEMENTS

The authors would like to acknowledge the forestry service of Shkodra municipality for the support provided in the field.

6. REFERENCES

Andreu, L., Gutiérrez, E., Macias, M., Ribas, M., Bosch, O., and Camarero, J. J. (2007). Climate increases regional tree-growth variability in Iberian pine forests. *Global Change Biology*, *13*(4), 804–815. https://doi.org/10.1111/j.1365-2486.2007.01322.x

Boisvenue, C., and Running, S. W. (2006). Impacts of climate change on natural forest productivity – evidence since the middle of the 20th century. *Global Change Biology*, *12*(5), 862–882. https://doi.org/10.1111/j.1365-2486.2006.01134.x

Briffa, K. R., and Jones, P. D. (1990). Basic chronology statistics and assessment. In E. R. Cook and L. A. Kairiukstis (Eds.), *Methods of Dendrochronology: Applications in the Environmental Sciences* (pp. 137–152). Kluwer Academic Publishers.

Camarero, J. J., Manzanedo, R. D., Sanchez-Salguero, R., and Navarro-Cerrillo, R. M. (2013). Growth response to climate and drought change along an aridity gradient in the southernmost *Pinus nigra* relict forests. *Annals of Forest Science*, *70*(8), 769–780. https://doi.org/10.1007/s13595-013-0321-9

Cook, E. R., and Peters, K. (1997). Calculating unbiased tree-ring indices for the study of climatic and environmental change. *The Holocene*, *7*(3), 361–370. https://doi.org/10.1177/095968369700700314

Fritts, H. C. (1976). *Tree rings and climate*. Academic Press.

Galván, J. D., Büntgen, U., Ginzler, C., Grudd, H., Gutiérrez, E., Labuhn, I., and Camarero, J. J. (2015). Drought-induced weakening of growth–temperature associations in high-elevation Iberian pines. *Global and Planetary Change*, *124*, 95–106. https://doi.org/10.1016/j.gloplacha.2014.11.011

Harris, I., Jones, P. D., Osborn, T. J., and Lister, D. H. (2014). Updated high-resolution grids of monthly climatic observations—The CRU TS3.10 Dataset. *International Journal of Climatology*, *34*(3), 623–642. https://doi.org/10.1002/joc.3711

Hegyi, F. (1974). A simulation model for managing jack pine stands. In G. Fries (Ed.), *Growth models for tree and stand simulation* (Vol. 30, pp. 74–89). Skogshögskolan, Institutionen för Skogsproduktion, Rapporter och Uppsatser.

Holmes, R. L. (1983). Computer-assisted quality control in tree ring dating and measurement. *Tree-Ring Bulletin*, *43*, 69–78.

Levanič, T., and Toromani, E. (2010). Austrian pine (*Pinus nigra* Arnold.) tree-ring width chronology from northeast Albania-preliminary results. In *TRACE – Tree rings in Archaeology, Climatology and Ecology* (pp. 104–109).

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

Linares, J. C., and Tíscar, P. A. (2010). Climate change impacts and vulnerability of the southern populations of *Pinus nigra* subsp. *Salzmannii*. *Tree Physiology*, *30*(7), 795–806. https://doi.org/10.1093/treephys/tpq052

Macias, M., Andreu, L., Bosch, O., Camarero, J. J., and Gutiérrez, E. (2006). Increasing aridity is enhancing silver fir (*Abies Alba* Mill.) water stress in its South-Western distribution limit. *Climatic Change*, *79*(3–4), 289–313. https://doi.org/10.1007/s10584-006-9071-0

Martín-Benito, D., Del Río, M., Heinrich, I., Helle, G., and Cañellas, I. (2010). Response of climate-growth relationships and water use efficiency to thinning in a *Pinus nigra* afforestation. *Forest Ecology and Management*, *259*(5), 967–975. https://doi.org/10.1016/j.foreco.2009.12.001

Rollinson, S. W. (2012). Growth of a Pine Tree. *The American Biology Teacher*, *74*(9), 620–627. https://doi.org/10.1525/abt.2012.74.9.5

Sarris, D., Christodoulakis, D., and Körner, C. (2011). Impact of recent climatic change on growth of low elevation eastern Mediterranean forest trees. *Climatic Change*, *106*(2), 203–223. https://doi.org/10.1007/s10584-010-9901-y

Shestakova, T. A., Camarero, J. J., Ferrio, J. P., Knorre, A. A., Gutiérrez, E., and Voltas, J. (2017). Increasing drought effects on five European pines modulate Δ13C-growth coupling along a Mediterranean altitudinal gradient. *Functional Ecology*, *31*(7), 1359–1370. https://doi.org/10.1111/1365-2435.12857

Temperli, C., Bugmann, H., and Elkin, C. (2012). Adaptive management for competing forest goods and services under climate change. *Ecological Applications*, *22*(8), 2065–2077. https://doi.org/10.1890/12-0210.1

Wigley, T. M. L., Briffa, K. R., and Jones, P. D. (1984). On the average value of correlated time-series, with applications in dendroclimatology and hydrometeorology. *Journal of Climate and Applied Meteorology*, *23*(2), 201–213.

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

GROWTH DYNAMICS IN ABIES ALBA AND PINUS NIGRA MODULATED BY CLIMATIC VARIABILITY

Edmond PASHO[1], Arben Q. ALLA[2], Fatos KOKA[3]

[1]Agricultural University of Tirana, Faculty of Forestry Sciences, https://orcid.org/0000-0001-5699-4858
[2]Agricultural University of Tirana, Faculty of Forestry Sciences, https://orcid.org/0000-0002-6937-2940
[3]Protected areas administration, Elbasan,

ABSTRACT

This study aimed at evaluating the dynamics of primary (vegetation indices) and secondary (radial growth) growth in two forest species (*Abies alba* and *Pinus nigra*) located in national park Shebenik, Albania, and assessing their response to climate variability. Field sampling consisted of dendrometric measurements (tree height, diameter at breast height (d.b.h), distance from the neighbor tree, crown radius) and radial growth samples (earlywood, EW, latewood, LW, tree-ring width, TRW); the later were measured and analyzed using dendrochronological methods. Vegetation activity was evaluated by means of two vegetation indices: Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) and Enhanced Vegetation Index (EVI). ANOVA was used to compare growth variables between species whereas Pearson correlation analysis was employed to assess the relationship between radial growth (EW, LW, TRW) and climatic variables (monthly mean temperatures, monthly total precipitation). NDVI and EVI increased during spring, reached maximum values in summer, and decreased in fall, in both species. The highest/lowest values of NDVI and EVI were observed in *A. alba*/*P. nigra* site. Dendrometric variables were statistically different between the two species and indicated higher values in *A. alba* than *P. nigra*. Radial growth components showed high interannual growth variability in both species, but growth was statistically higher in *P. nigra*. In both species, TRW was influenced by EW growth and LW growth whereas LW growth showed also dependence on EW growth. In *P. nigra*, September precipitation and spring temperatures influenced positively the growth of EW and TRW whereas LW growth was correlated positively with August precipitation and March temperatures. In *A. alba*, LW growth was positively affected by March temperature and August precipitation; the latter also influenced positively TRW. Findings of this study are useful to identify appropriate strategies for the proper management of *A. alba* and *P. nigra* stands in the future, focused on mitigating the impacts of warming and droughts on growth of these species.

Keywords: *Abies alba, Pinus nigra*, growth, climate, vegetation indices.

1. INTRODUCTION

Climate is the most important environmental factor affecting the radial growth of forest trees(Fritts, 1976). Mediterranean region, where water availability is the main limitation for plant growth(Cherubini et al., 2003; Martínez-Vilalta et al., 2008), are particularly sensitive to temperature increases and changes in the frequency and intensity of drought events (Giorgi and Lionello, 2008; IPCC, 2014). The predicted climate changes for the Mediterranean region (rising temperatures of 2-4ºC and a decrease in soil water availability of about -20%) during the 21st century (IPCC, 2014) could lead to higher soil moisture deficits during growing seasons and thus alter forest productivity(Boisvenue and Running, 2006). Mediterranean conifer forests are expected to be more sensitive to climate warming as the phenology and wood production

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

of these forests is closely related to water reserves in the soil, therefore, periods of drought can significantly affect their growth for many years to come(Kramer et al., 2000).

Abies alba is an evergreen conifer species that forms an essential part of the landscapes in Central and South-Eastern Europe(Mauri et al., 2016). *A. alba* is sensitive to summer drought as it responds to lack of water in summer by reducing the secondary growth in its populations(Camarero et al., 2018; Gazol et al., 2018; Rozas, 2005). Currently, it is one of the most economically important conifers in Albania as it occupies an area of about 16,060 ha and represents 9.3 percent of conifer forests of the country(Zeneli et al., 2004). Natural forests of *A. alba* include pure and mixed forests with other conifers, such as *P. nigra*, or broadleaved species such as *Fagus sylvatica* and *Acer pseudoplatanus*. *Pinus nigra* is an evergreen conifer species widely distributed in the Mediterranean basin which grows in both extremely dry and humid habitats with significant tolerance to temperature fluctuations(Isajev et al., 2004). In Albania, *P. nigra* is one of the most important forest species, in terms of its distribution and productivity. *P. nigra* forests in the country extend over a wide altitudinal range 900-2000 m above sea level and can reach heights of up to 55 m and diameters up to 1 m(Levanič and Toromani, 2010). They can be found in natural state and plantations.

Variability of primary production and biomass accumulation (carbon fixation) in forests is widely evaluated using vegetation indices derived through Remote Sensing techniques(Danelichen et al., 2015; Xiao et al., 2004). Vegetation indices are often used to evaluate the chlorophyll content in leaves and the amount of photoactive radiation absorbed by the leaves, enabling estimates of the photosynthetic activity of plants(Garbulsky et al., 2013; Tucker et al., 1985; Wang et al., 2004). Among the vegetation indices, the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) and the Enhanced Vegetation Index (EVI) are the most widely used to evaluate variation in photosynthetic activity of vegetation(Huete et al., 2002; Kaufmann et al., 2008). Many studies have proven the relationship between vegetation indices, photosynthetic activity and forest growth(Alla et al., 2017; Kaufmann et al., 2008; Pasho and Alla, 2015). NDVI is sensitive to changes in vegetation condition and accurately detects forest damage and regeneration(Carlson and Ripley, 1997). However, EVI index improves the vegetation signal in areas with dense forests and allows for better monitoring of photosynthetic activity by reducing atmospheric influences(Huete et al., 2002).

This study aims to assess the growth variability and analyze the response of *A. alba* and *P. nigra* to ecological site conditions. The objectives of this study are to: (1) analyze and evaluate vegetation activity (NDVI, EVI) and growth dynamics (diameter at breast height (dbh), tree height, crown radius, earlywood (EW), latewood (LW), tree-ring width (TRW)) in *A. alba* and *P. nigra* species located in National Park Shebenik, central Albania; (2) compare growth parameters between the two species and (3) investigate the impact of climate (temperature, precipitation) on radial growth of these species.

2. METHODS

2.1 Study area

The study sites are in Qarrishtë, which is an integral part of the Shebenik National Park. *A. alba* site is located at 41°14'22"N and 20°24'33"E, 1510 m.a.s.l, slope 5-10%, southwest aspects and brown soils. The stand is composed of *A. alba* trees mixed with *F. sylvatica* seedling. *P. nigra* site is distributed at 41°14'14"N and 20°23'56"E, 1375 m.a.s.l, slope 8-10%, southwest aspects and brown soils. The upper story is composed of planted *P. nigra* and natural *F. sylvatica* trees while the understory is composed of several shrubs and herbaceous species. The climate is mountainous Mediterranean, characterized by relatively cold and wet autumn and winter, while spring and summer are dry and cool. The condition of *A. alba* trees was good, with tall trees of

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

large sizes and well-developed crowns. The condition of *P. nigra* stand was also good, with relatively well-developed but high-density plantations.

2.2 Evaluation of vegetation activity

The variability of photosynthetic activity in *A. alba* and *P. nigra* was assessed by means of two vegetation indices, NDVI and EVI. These indices were calculated using the Landsat 8 satellite images of the study area downloaded from https://earthexplorer.usgs.gov/, in WGS-84 projection. Prior to analysis, the images were cut using the border of National Park "Shebenik" and then the vegetation indices NDVI and EVI were calculated using the formulas:

$$\mathrm{NDVI} = \frac{(\mathrm{NIR} - \mathrm{RED})}{(\mathrm{NIR} + \mathrm{RED})}$$

where: NIR is solar radiation in the near infrared band and RED is radiation in the red band.

$$\mathrm{EVI} = 2.5 * \frac{(\mathrm{NIR} - \mathrm{RED})}{(\mathrm{NIR} + 6\mathrm{RED} - 7.5\mathrm{BLU} + 1)}$$

where: BLUE is solar radiation in the blue band.

Values of NDVI and EVI were obtained be-weekly at each site based on the geographical coordinates, and mean monthly values were calculated for the period 2011-2021.

2.3. Sampling and data collection

The sampling took place in spring 2022. Initially, at each site were recorded the geographic coordinates, elevation a.s.l, slope of the terrain and aspect. For each randomly selected tree, the diameter at breast height (d.b.h), height and four cross-sectional crown radius were measured. Then, two radial growth samples were taken with Pressler increment borer to assess seasonal (EW and LW) and annual (TRW) variability in diameter growth. Samples were stored in plastic holders and transported safely to the laboratory.

2.4. Preparation of radial growth samples, measurement and standardization

The radial growth samples (after air drying) were mounted on wooden holders and polished to make the annual rings fully visible with a binocular microscope and their dating accurate. All samples were initially subjected to visual cross-dating, which is a procedure that guarantees accuracy in identifying the year in which the annual ring is formed. Then, earlywood (EW), latewood (LW) and tree-ring (TRW) width were measured using the device LINTAB (Rinntech, Germany) and the program TSAP with an accuracy of 0.001 mm. The quality of visual cross-dating was verified using the COFECHA program(Holmes, 1983). The radial growth data were subjected to a detrending (negative linear or exponential function, and spline functions) and standardization process (dimensionless growth indices), which minimizes the effect of biological influences (age) on radial growth and other interferences (e.g., fires, pests, etc), thereby preserving the variability in radial growth data potentially linked to climate(Cook and Peters, 1997; Shestakova et al., 2017). Standardized series of all trees at each site were averaged to obtain mean growth series of EW, LW and TRW.

The quality of chronologies was assessed by using dendrochronological statistical indicators such as: mean width (MW) of EW, LW and TRW growth series, first order autocorrelation (AC1) which assesses the influence of previous year growth on the following year growth, the expressed population signal (EPS), the average relationship between the growth series within the study area (Rbar), the average relative difference between the width of

consecutive rings (MSx). The study period was 1930-2021 for *A. alba* and 1985-2021 for *P. nigra* as all chronologies of radial growth showed values of EPS>0.85, which indicates high representativeness of forest stand variability in the average growth series(Wigley et al., 1984). The statistical indicators of the chronologies are presented in (Table 1). Standardized series of EW, LW and TRW were used for subsequent statistical analysis.

2.5 Climatic data

Climatic variability in the study area was quantified by means of mean monthly temperature, total monthly precipitation, seasonal and total yearly precipitation for the period 1901-2021. Climatic data were obtained from the Global Climate Scientific Research Unit (CRU) TS3.24.01 dataset (http://climexp.knmi.nl) with spatial resolution 0.5° square (lat = 41-41.5N, long = 20-20.5E) which includes the study area(Harris et al., 2020). Based on this database, monthly precipitation in the study area varies from 121.4 mm (November) to 38.7 mm (July) whereas the highest values of temperature are observed in July (19.8 °C) and the lowest ones in January (0.3 °C).

2.6 Statistical analysis

ANOVA was employed to compare mean values of growth variables between *A. alba* and *P. nigra* (tree height, d.b.h., distance to the nearest tree, crown radius, EW, LW and TRW) and assess whether growth parameters are statistically different between species. Pearson correlation coefficient was used to evaluate the relationship among radial growth components and to analyze the impact of climate on radial growth. Radial growth variables of *A. alba* and *P. nigra* were correlated with average monthly, temperatures and total monthly precipitation as well as seasonal and annual values of the above climate variables, for the period 1985-2020. The period considered for the correlations was from May of the previous year to December of the growth year. The association between radial growth and climatic variables was considered significant for $p \leq 0.5$ for all correlation analyses.

3. RESULTS AND DISCUSSION

3.1 Variability of photosynthetic activity in *A. alba* and *P. nigra*

Vegetation indices showed similar pattern of variability between species, which was characterized by increase of NDVI and EVI values during spring, maximum NDVI and EVI values in summer, followed by a gradual decrease in fall (Figure 1). The highest values of NDVI and EVI were found in *A. alba* while the lowest values were observed in *P. nigra* (Figure 1). This indicates that *A. alba* is characterized by higher photosynthetic activity during the growing season compared to *P. nigra*. NDVI showed higher values compared to EVI, but the latter offered a clearer model of variation in photosynthetic activity of trees during the growing season, especially in the *A. alba* site (Figure 1).

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

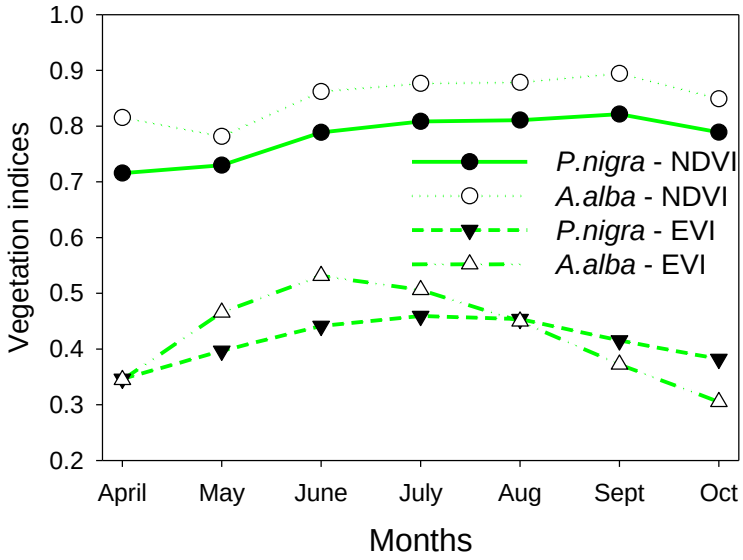


Figure 1. Variability of mean monthly values of NDVI and EVI for each species, for the growing season (April-October) and the period 2011-2021

3.2. Variability and patterns of growth

P. nigra trees showed higher radial growth, MSx, Rbar and EPS than *A. alba* trees (Table 1). The latter showed higher values of AC1 than *P. nigra*. In both species, the highest value of AC1 and MSx was observed in TRW while the lowest one in LW. Rbar was higher in TRW for both species and lower at LW/EW for *A. alba*/*P. nigra* site chronologies, respectively. The EPS showed higher values for TRW and lower ones in LW/EW for *A. alba*/*P. nigra*, respectively.

Table 1. Statistics of radial growth chronologies (EW, earlywood width; LW, latewood width; TRW, tree-ring width) for each species

	Variables	Trees (radii)	Time span	MW (mm)	SD (mm)	AC1	MSx	Rbar	EPS
A. alba	EW	22 (42)	1893 – 2021	1.40	0.92	0.90	0.24	0.43	0.94
	LW	22 (42)	1893 – 2021	0.69	0.43	0.83	0.27	0.33	0.91
	TRW	22 (42)	1893 – 2021	2.09	1.32	0.91	0.21	0.48	0.95
P. nigra	EW	24 (48)	1985 – 2021	2.06	1.10	0.77	0.27	0.52	0.98
	LW	24 (48)	1985 – 2021	1.33	0.75	0.64	0.37	0.61	0.99
	TRW	24 (48)	1985 – 2021	3.39	1.75	0.76	0.26	0.67	0.99

Statistics: MW – mean width; SD – standard deviation of width; AC1 – first order autocorrelation; MSx – mean sensitivity; Rbar – mean correlation between series; EPS – expressed population signal.

A. alba chronologies showed stable and low radial growth for the period 1920-1960 (Figure 2). Afterwards, a noticeable growth increase was observed in radial growth components until 1973, followed by gradual reduction of radial growth until the year 2021. The period 1970-1980 was generally characterized by a marked growth increase in A. *alba* trees, most likely in response to human disturbances/management which may have changed the growth conditions for *A. alba* trees. As a matter of fact, *A. alba* and *F. sylvatica* stand was managed in the past by harvesting the *F. sylvatica* trees, increasing the growing space available for *A. alba* trees. *P. nigra* chronologies showed high interannual growth variability during the period 1985-2021. Radial growth components were generally characterized by increase in width until 1990, followed by growth reduction afterwards (1991-2021).

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

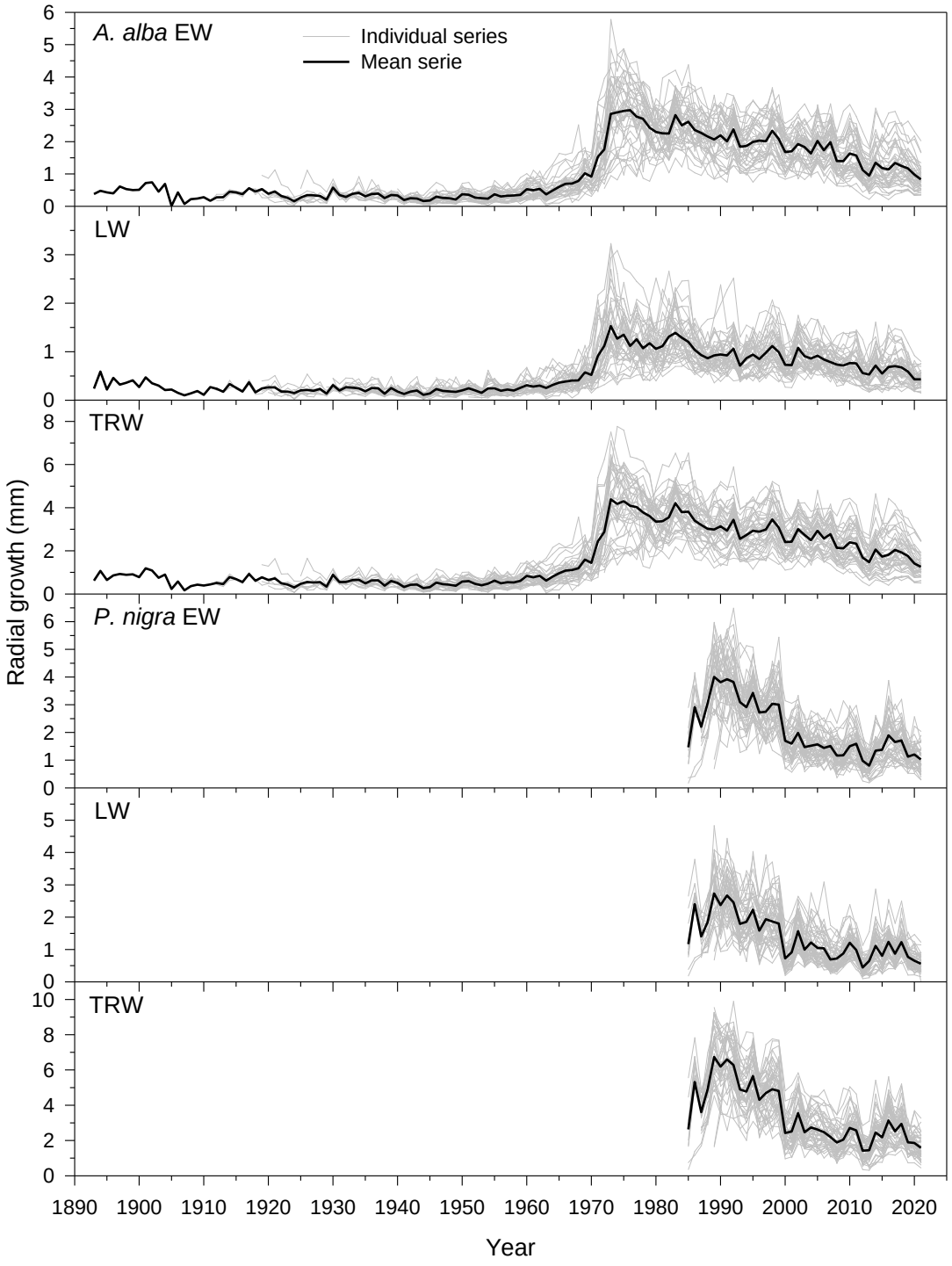


Figure 2. Raw radial growth chronologies (EW – earlywood width, LW – latewood width, TRW – tree-ring width) of *P. nigra* and *A. alba* in the study area

For the common period (1985-2021), *P. nigra* chronologies showed higher radial growth compared to *A. alba*, most probably because of the much younger and vigorous *P. nigra* trees (Figure 3).

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

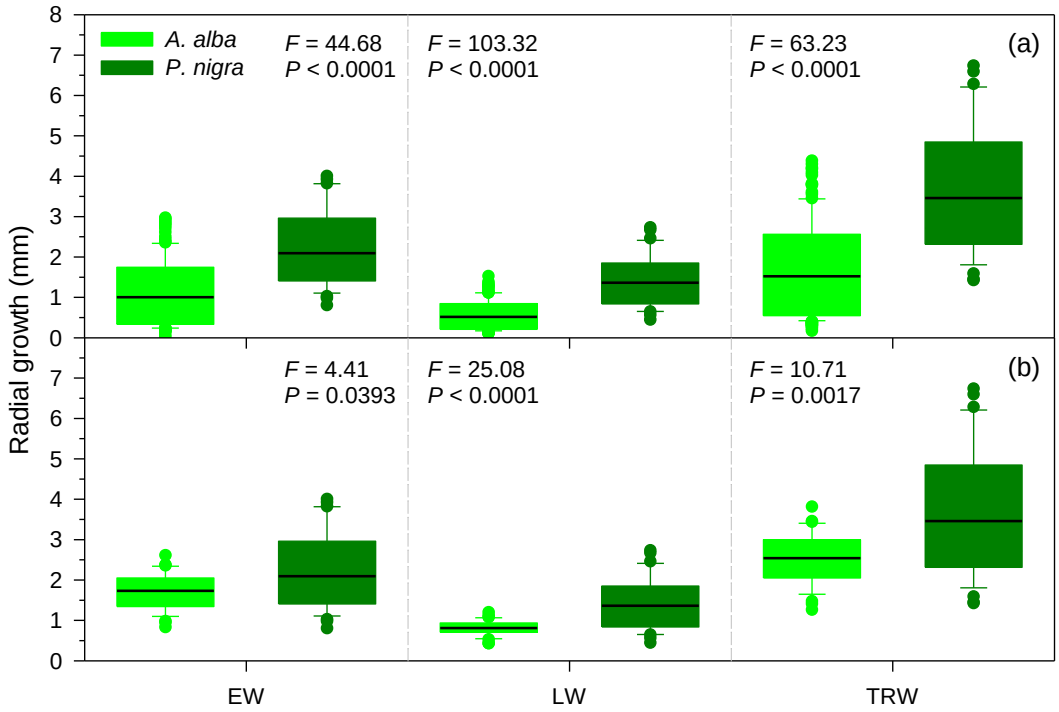


Figure 3. Comparison of radial growth chronologies (EW – earlywood width, LW – latewood width, TRW – tree-ring width) for the entire growth period (a) and for the common period 1985-2021 (b) between *A. alba and P. nigra*. The black horizontal line represents the mean value

Radial growth variables (EW, LW and TRW) showed positive association among them for both studied species (Table 2). A higher correlation was achieved between EW and TRW. The previous year's growth also showed positive and significant impact on the following year's growth. The correlations were higher in *A. alba* radial growth components.

Table 2. Significant correlation values (P < 0.05) between radial growth variables (EW, LW, TRW) in *A. alba* and *P. nigra* sites

	A. alba			***P. nigra***		
	EW	LW	TRW	EW	LW	TRW
LW	0.976			0.960		
TRW	0.998	0.988		0.993	0.986	
EW_{t-1}	0.966	0.932	0.961	0.851	0.727	0.808
LW_{t-1}	0.969	0.941	0.965	0.819	0.708	0.781
TRW_{t-1}	0.972	0.940	0.967	0.846	0.726	0.805

Statistically significant changes were found between species for all the growth variables considered in the study (Table 3). *A. alba* trees showed higher values in d.b.h., tree height and crown radius than *P. nigra* trees which could be related to the much older age of *A. alba* trees as compared to *P. nigra* trees.

Table 3. Mean values ± standard error of growth variables and their statistical parameters (F, P) for each species

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

	Nr. trees	Tree height (m)	dbh (cm)	Neighboor tree dbh (cm)	Distance to neighboor (m)	Mean crown radius (m)
A. alba	22	22.3 ± 0.2	38.6 ± 0.9	38.9 ± 1.3	2.06 ± 0.16	2.41 ± 0.11
P. nigra	24	16.8 ± 0.4	28.9 ± 0.7	21.9 ± 1.2	1.26 ± 0.12	1.80 ± 0.10
F		**168.19**	**73.76**	**98.18**	**11.10**	**17.02**
P		**<0.0001**	**<0.0001**	**<0.0001**	**0.0012**	**0.0002**

3.3. Climate-growth relationships

In *P. nigra*, EW growth showed positive and significant relationship with September and annual precipitation (Figure 4).

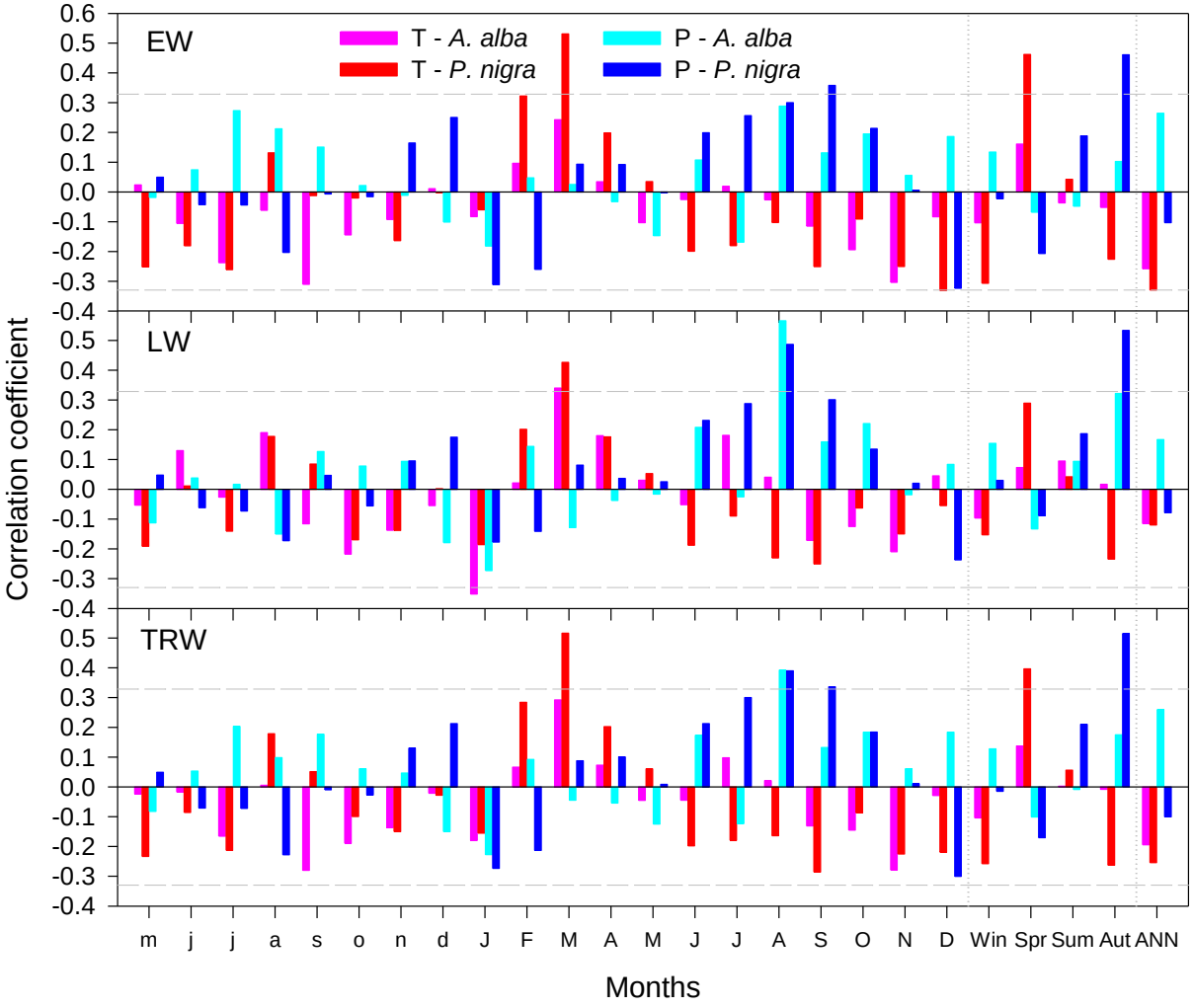


Figure 4. Pearson correlation coefficients calculated between residual chronologies of radial growth variables (EW – earlywood width, LW – latewood width, TRW – tree-ring width) and monthly seasonal and annual climate data (T – mean temperature, P – precipitation) for the period 1985-2020. Small letters represent the months of the previous year, while the capital ones represent the months of the current year. The grey dashed horizontal line represents the P < 0.05 significance level threshold.

Temperatures in spring, particularly in March, showed strong positive association with EW and TRW, suggesting that temperatures in this period may favor photosynthetic activity and consequently radial growth(Chen et al., 2010). LW growth was positively influenced by August and total precipitation, as well as March temperatures. TRW showed positive and significant relationship with August, September and annual precipitation. In *A. alba*, LW growth was

positively correlated with August and annual precipitation, as well as with March temperatures, while January temperatures showed negative association with LW growth. TRW was positively affected by the August precipitation. In general, *A. alba* showed lower response to climate compared to *P. nigra*, as it grows at higher altitude than *P. nigra* where precipitation is abundant and summer temperatures moderate. Moreover, stand management (low density) could have influenced the response of *A. alba* trees to climate as it allows more space and water for the remaining trees in the stand.

4. CONCLUSIONS

Vegetation indices showed similar patterns of variability between species but were clearly higher in *A. alba*. Both species presented high interannual growth variability, particularly *P. nigra* trees. The latter showed higher radial growth than *A. alba*. LW and TRW revealed dependence on EW, particularly in *P. nigra*. Response to climate differed between species where August, September precipitation and March temperatures showed greater influence on *P. nigra* growth. The response to climate in *A. alba* trees could be modified by human disturbances/management which released stand density and water supply for trees. Findings of this study can be used to identify the most appropriate strategies for management of *A. alba* and *P. nigra* stands in the future, considering the mitigation of the impacts of global warming and droughts on growth of these forest species.

5. ACKNOWLEDGEMENTS

The authors would like to acknowledge the support provided in the field by Ing. Fatmir Brazhda and Ing. Xhek Nexha.

6. REFERENCES

Alla, A. Q., Pasho, E., and Marku, V. (2017). Growth variability and contrasting climatic responses of two *Quercus macrolepis* stands from Southern Albania. *Trees*, *31*, 1491–1504. https://doi.org/10.1007/s00468-017-1564-0

Boisvenue, C., and Running, S. W. (2006). Impacts of climate change on natural forest productivity – evidence since the middle of the 20th century. *Global Change Biology*, *12*(5), 862–882. https://doi.org/10.1111/j.1365-2486.2006.01134.x

Camarero, J. J., Gazol, A., Sangüesa-Barreda, G., Cantero, A., Sánchez-Salguero, R., Sánchez-Miranda, A., Granda, E., Serra-Maluquer, X., and Ibáñez, R. (2018). Forest growth responses to drought at short- and long-term scales in Spain: Squeezing the stress memory from tree rings. *Frontiers in Ecology and Evolution*, *6*, 1–11. https://doi.org/10.3389/fevo.2018.00009

Carlson, T. N., and Ripley, D. A. (1997). On the relation between NDVI, fractional vegetation cover, and leaf area index. *Remote Sensing of Environment*, *62*(3), 241–252. https://doi.org/10.1016/S0034-4257(97)00104-1

Chen, P. Y., Welsh, C., and Hamann, A. (2010). Geographic variation in growth response of Douglas-fir to interannual climate variability and projected climate change. *Global Change Biology*, *16*(12), 3374–3385. https://doi.org/10.1111/j.1365-2486.2010.02166.x

Cherubini, P., Gartner, B. L., Tognetti, R., Bräker, O. U., Schoch, W., and Innes, J. L. (2003). Identification, measurement and interpretation of tree rings in woody species from mediterranean climates. *Biological Reviews of the Cambridge Philosophical Society*, *78*(1), 119–148.

Cook, E. R., and Peters, K. (1997). Calculating unbiased tree-ring indices for the study of climatic and environmental change. *The Holocene*, *7*(3), 361–370. https://doi.org/10.1177/095968369700700314

Danelichen, V. H. M., Biudes, M. S., Velasque, M. C. S., Machado, N. G., Gomes, R. S. R., Vourlitis, G. L., and Nogueira, J. S. (2015). Estimating of gross primary production in an Amazon-Cerrado transitional forest using MODIS and Landsat imagery Estimating of gross primary production in an Amazon-Cerrado transitional forest using MODIS and Landsat imagery. *Anais Da Academia Brasileira de Ciências*, *87*, 1545–1564. https://doi.org/10.1590/0001 3765201520140457

Fritts, H. C. (1976). *Tree rings and climate*. Academic Press.

Garbulsky, M. F., Peñuelas, J., Ogaya, R., and Filella, I. (2013). Leaf and stand-level carbon uptake of a Mediterranean forest estimated using the satellite-derived reflectance indices EVI and PRI. *International Journal of Remote Sensing*, *34*(4), 1282–1296. https://doi.org/10.1080/01431161.2012.718457

Gazol, A., Camarero, J. J., Sangüesa-Barreda, G., and Vicente-Serrano, S. M. (2018). Post-drought resilience after forest die-off: Shifts in regeneration, composition, growth and productivity. *Frontiers in Plant Science*, *9*, 1–12. https://doi.org/10.3389/fpls.2018.01546

Giorgi, F., and Lionello, P. (2008). Climate change projections for the Mediterranean region. *Global and Planetary Change*, *63*(2–3), 90–104. https://doi.org/10.1016/j.gloplacha.2007.09.005

Harris, I., Osborn, T. J., Jones, P., and Lister, D. (2020). Version 4 of the CRU TS monthly high-resolution gridded multivariate climate dataset. *Scientific Data*, *7*(1), Article 1. https://doi.org/10.1038/s41597-020-0453-3

Holmes, R. L. (1983). Computer-assisted quality control in tree ring dating and measurement. *Tree-Ring Bulletin*, *43*, 69–78.

Huete, A., Didan, K., Miura, T., Rodriguez, E. P., Gao, X., and Ferreira, L. G. (2002). Overview of the radiometric and biophysical performance of the MODIS vegetation indices. *Remote Sensing of Environment*, *83*(1–2), 195–213. https://doi.org/10.1016/S0034-4257(02)00096-2

IPCC. (2014). *Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, R.K. Pachauri and L.A. Meyer (eds.)]*. IPCC.

Isajev, V., Fady, B., Semerci, H., and Andonovski, V. (2004). EUFORGEN - Technical guidelines for genetic conservation and use for European black pine (*Pinus nigra*). *EUFORGEN*. http://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=QJ2005000047

Kaufmann, R. K., D'Arrigo, R. D., Paletta, L. F., Tian, H. Q., Jolly, W. M., and Myneni, R. B. (2008). Identifying climatic controls on ring width: The timing of correlations between tree rings and NDVI. *Earth Interactions*, *12*(14), 1–14. https://doi.org/10.1175/2008EI263.1

Kramer, K., Leinonen, I., and Loustau, D. (2000). The importance of phenology for the evaluation of impact of climate change on growth of boreal, temperate and Mediterranean forests ecosystems: An overview. *International Journal of Biometeorology*, *44*(2), 67–75. https://doi.org/10.1007/s004840000066

Levanič, T., and Toromani, E. (2010). Austrian pine (*Pinus nigra* Arnold.) tree-ring width chronology from northeast Albania-preliminary results. In *TRACE – Tree rings in Archaeology, Climatology and Ecology* (pp. 104–109).

Martínez-Vilalta, J., López, B. C., Adell, N., Badiella, L., and Ninyerola, M. (2008). Twentieth century increase of Scots pine radial growth in NE Spain shows strong climate

interactions. *Global Change Biology*, *14*(12), 2868–2881. https://doi.org/10.1111/j.1365-2486.2008.01685.x

Mauri, A., de Rigo, D., and Caudullo, D. (2016). *Abies alba* in Europe: Distribution, habitat, usage and threats. In J. San-Miguel-Ayanz, D. de Rigo, G. Caudullo, T. Houston Durrant, and A. Mauri (Eds.), *European atlas of forest tree species* (pp. 48–49). Publication Office of the European Union.

Pasho, E., and Alla, A. Q. (2015). Climate impacts on radial growth and vegetation activity of two co-existing Mediterranean pine species. *Canadian Journal of Forest Research*, *45*(12), 1748–1756. https://doi.org/10.1139/cjfr-2015-0146

Rozas, V. (2005). Dendrochronology of pedunculate oak (*Quercus robur* L.) in an old-growth pollarded woodland in northern Spain: Tree-ring growth responses to climate. *Annals of Forest Science*, *62*(3), 209–218. https://doi.org/10.1051/forest:2005012

Shestakova, T. A., Camarero, J. J., Ferrio, J. P., Knorre, A. A., Gutiérrez, E., and Voltas, J. (2017). Increasing drought effects on five European pines modulate Δ13C-growth coupling along a Mediterranean altitudinal gradient. *Functional Ecology*, *31*(7), 1359–1370. https://doi.org/10.1111/1365-2435.12857

Tucker, C. J., Vanpraet, C. L., Sharman, M. J., and Van Ittersum, G. (1985). Satellite remote sensing of total herbaceous biomass production in the senegalese sahel: 1980–1984. *Remote Sensing of Environment*, *17*(3), 233–249. https://doi.org/10.1016/0034-4257(85)90097-5

Wang, J., Rich, P. M., Price, K. P., and Kettle, W. D. (2004). Relations between NDVI and tree productivity in the central Great Plains. *International Journal of Remote Sensing*, *25*(16), 3127–3138. https://doi.org/10.1080/0143116032000160499

Wigley, T. M. L., Briffa, K. R., and Jones, P. D. (1984). On the average value of correlated time-series, with applications in dendroclimatology and hydrometeorology. *Journal of Climate and Applied Meteorology*, *23*(2), 201–213.

Xiao, X., Zhang, Q., Braswell, B., Urbanski, S., Boles, S., Wofsy, S., Moore, B., and Ojima, D. (2004). Modeling gross primary production of temperate deciduous broadleaf forest using satellite images and climate data. *Remote Sensing of Environment*, *91*(2), 256–270. https://doi.org/10.1016/j.rse.2004.03.010

Zeneli, G., Dida, M., Ducci, F., and Habili, D. (2004). Silver fir (*Abies alba*) resources in Albania and their conservation. *Forest Genetic Resources*, 44–49.

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

DİYARBAKIR-HAZRO KOŞULLARINDA BAZI İLERİ KADEME EKMEKLİK BUĞDAY *(Triticum aestivum* L.*)* HATLARININ GGE BİPLOT ANALİZİ İLE SELEKSİYONU

SELECTION OF SOME ADVANCED STAGE BREAD WHEAT *(Triticum aestivum* L.*)* LINES WITH GGE BIPLOT ANALYSIS IN DIYARBAKIR-HAZRO CONDITIONS

Doç. Dr. Mehmet KARAMAN

Muş Alparslan Üniversitesi, Uygulamalı Bilimler Fakültesi,
m.karaman@alparslan.edu.tr-ORCID ID: 0000-0002-6176-9580

ÖZET

Buğday, dünya genelinde beslenmede temel besin maddesi olmasının yanı sıra yüksek adaptasyon kabiliyeti ve farklı ürünlere işlenebilme potansiyeli nedeniyle stratejik üründür. Dünya buğday üretiminde ekmeklik buğday oransal olarak %95 civarında bir payı temsil etmektedir. Araştırma, 2011-2012 yetiştirme sezonunda Diyarbakır-Hazro şartlarında tesadüf blokları deneme desenine göre yağışa dayalı koşullarda 4 tekrarlamalı olarak yürütüldü. Deneme materyalini 20 ileri kademe ekmeklik buğday hattı ve 5 kontol (Nurkent, Pehlivan, Cemre, Sagittario ve Ceyhan-99) çeşit oluşturdu. Tane verimi hariç, incelenen tüm özelliklerin $p<0.01$ seviyesinde anlamlı olduğu belirlendi. Genotip-özellik ilişkisini poligon, sektör ve vektörlerle açıklayan GGE biplot grafiklerine göre, incelenen özellikler için genotipler arasındaki varyasyonun %35.82'sini PC1, %27.14'ünü PC2 ve %62.96'sını PC1+PC2 açıkladı. Tane verimi ile başaklanma süresi farklı grup ve sektörlerde yer alırken, bitki boyu ve bin tane ağırlığının aynı grup ve sektörde konumlandığı belirlendi. G1 (285.7 kg.da^{-1}), G4 (297.5 kg.da^{-1}) ve G12 (279.4 kg.da^{-1}) tane veriminde, G9 (37.3 g) ve Pehlivan (37.8 g) bin tane ağırlığında en iyi genotiplerdi. Poligon grafiği, hiçbir özelliğin bulunmadığı sektörlerde yer alan genotiplerin herhangi bir özellik yönünden öne çıkmadığını gösterdi. Çalışmada, Hazro lokasyonunun gerek iklim yapısı gerekse rakım olarak Diyarbakır Merkezden farklı olduğu belirlenirken, lokasyon odaklı çeşit geliştirmeye dayalı ıslah programının önemli olduğu tespit edildi. Bu bağlamda, aynı lokasyonda çalışmaların devam etmesinin faydalı olacağı, GGE biplot analizinin genotip-özellik ve özellikler arası ilişkiyi belirlemede ayırt edici ve seleksiyonda kullanımının kolay olduğu sonucuna varıldı.

Anahtar Kelimeler: Buğday, bitki boyu, başaklanma, GGE biplot

ABSTRACT

In addition to being a basic nutrient in nutrition around the world, wheat is a strategic product due to its high adaptability and potential to be processed into different products. Bread wheat represents a proportional share of around 95% in world wheat production. The research was carried out in Diyarbakır-Hazro conditions in the 2011-2012 growing season according to the randomized block design with 4 replications under rainfall conditions. The experimental material consisted of 20 advanced bread wheat lines and 5 control varieties (Nurkent, Pehlivan, Cemre, Sagittario and Ceyhan-99). Except for grain yield, all examined traits were determined to be significant at $p<0.01$ level. According to GGE biplot graphs explaining the genotype-trait relationship with polygons, sectors and vectors, PC1 explained 35.82%, PC2 27.14% and

PC1+PC2 62.96% of the variation between genotypes for the examined traits. While grain yield and heading time were in different groups and sectors, plant height and thousand grain weight were determined to be in the same group and sector. G1 (285.7 kg.da^{-1}), G4 (297.5 kg.da^{-1}) and G12 (279.4 kg.da^{-1}) were the best genotypes in grain yield, G9 (37.3 g) and Pehlivan (37.8 g) were the best genotypes in thousand grain weight. The polygon plot showed that genotypes in sectors where no traits were present did not stand out in terms of any trait. In the study, it was determined that the Hazro location is different from Diyarbakır Center in terms of both climate structure and altitude, and the breeding program based on location-focused variety development is important. In this context, it was concluded that it would be beneficial to continue studies at the same location, and that GGE biplot analysis was distinctive in determining the genotype-trait and trait-to-trait relationship and was easy to use in selection.

Key Words: Wheat, plant height, heading time, GGE biplot

GİRİŞ

Buğday, dünya genelinde ana besin maddesi olarak kabul edilen, ham veya farklı ürünlere işlenerek kullanılan ve önemli düşük yağlı gıdalardan olduğu tespit edilen serin iklim tahılıdır. Tahıllar karbonhidratların, proteinlerin, diyet lifinin, minerallerin, yağda ve suda çözünen vitaminlerin önemli kaynağı olarak bilinmektedir (Seal ve ark., 2021; Özsoy ve Erbaş Köse, 2022). Buğday, insan gıdası olarak tüketilmesinin yanı sıra bitki sapları ve tanesinden elde edilen kepek ile hayvan beslenmesinde kullanımı ile de önem arz etmektedir (Atar, 2017; Bozkurt ve ark., 2022).

Buğday yetiştiriciliğinde birim alandan elde edilen tane verimi kalıtımın yanı sıra ekolojik faktörlerin ve yetiştirme tekniklerinin etkisi altında şekillenmektedir. Nitekim, yüksek verim potansiyeline sahip çeşitler birim alan tane verimine %50 katkı sağlarken, geriye kalan oranın yetiştirme tekniklerindeki gelişmelere dayalı olduğu bildirilmiştir (Balla ve ark. 1987; Yağmur ve ark., 2021).

Islah çalışmaları ile geliştirilen günümüz modern buğday çeşitlerinin yerel buğday çeşitlerine göre daha kısa bitki boyuna sahip oldukları farklı araştırmacılar tarafından vurgulanmıştır (Austin ve ark., 1980; Avçin ve ark., 1997; Baram ve ark., 2017; Koç ve ark., 2020). Modern buğdaylar yerel buğdaylar ile kıyaslandığında ortalama bitki boyunun %5.8 daha kısa olduğu belirlenmiştir (Altındal ve Akgün, 2018; Koç ve ark., 2020).

Araştırmada amaç, Hazro lokasyonunda özellikler bazında öne çıkan genotipleri GGE biplot tekniği ile belirlemekti. Ayrıca, genotip-özellik ve özellikler arası ilişkileri GGE biplot tekniği ile yorumlamaktı.

MATERYAL VE YÖNTEM

Araştırma, Diyarbakır ilinin Hazro ilçesinde 2011-2012 yetiştirme sezonunda yağışa dayalı koşullarda yürütüldü. Hazro, 1130 m yüksekliğinde Uzuncaeski dağı eteklerinde kurulu bir ilçe konumundadır. Çalışma 25 adet genotip ile tesadüf blokları deneme deseninde 3 tekerrürlü olarak tasarlandı. Bu genotiplerden 5'i araştırmada kontrol olarak kullanılan tescilli çeşitlerdi (Nurkent, Pehlivan, Cemre, Sagittario ve Ceyhan-99). Ekim işlemi, 450 tane.m^{-2} normunda 01 Kasım 2011 tarihinde gerçekleştirildi. Deneme alanı topraklarının killi-tınlı, hafif alkali (pH= 7.8), organik madde (%1.12) içeriği orta ve kireç oranı ($CaCO_3$)= %10.5 kg.da^{-1} olarak tespit

edildi. Bu bağlamda, bitki besin elementi eksikliğini tamamlamak amacıyla toplamda 12 kg.da^{-1} N ve 6 kg.da^{-1} P_2O_5 toprağa uygulanarak gübreleme yapıldı.

Azotun yarısı ve fosforun tamamı ekimle beraber, kalan azot miktarı ise kardeşlenme döneminin ortalarında üst gübre tatbiki ile tamamlandı. Birim alandaki dar ve geniş yapraklı yabancı otlar mücadeleyi gerektirecek yoğunlukta olmadığından dolayı deneme alanında herhangi bir herbisit kullanılmadı. Hasat ve harmanlama işlemi parsel biçerdöveri ile 17 Haziran 2012 tarihinde tamamlandı.

BULGULAR VE TARTIŞMA

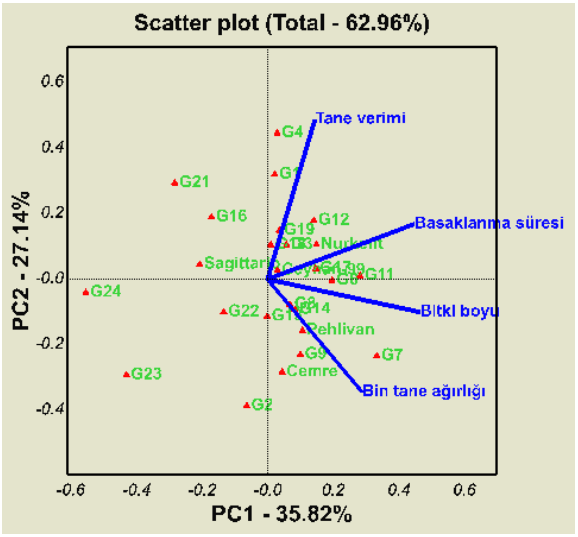
Araştırılan özelliklerden tane verimi hariç diğer özelliklerde genotipler arasında $p<0.01$ seviyesinde önemli farklılıklar olduğu tespit edildi (Çizelge 1).

Çizelge 1. Araştırılan özelliklere ilişkin değerler ve oluşan gruplar

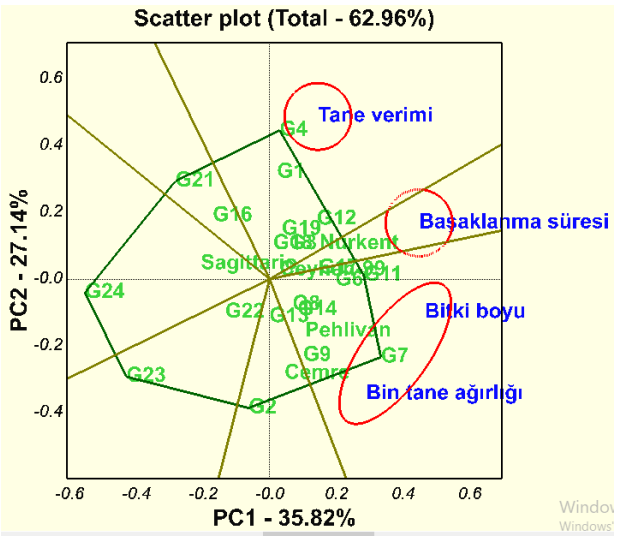
Genotip	Tane Verimi (kg.da^{-1})	Başaklanma Süresi (gün)		Bitki Boyu (cm)		Bin tane Ağırlığı (g)	
G1	285.7	190.0	de	74.8	e	30.5	kl
G2	217.2	185.0	ı	75.0	e	33.3	def
G3	265.8	188.0	fg	80.0	d	31.0	ıjk
G4	297.5	190.0	de	75.0	e	29.8	lm
Nurkent	274.1	192.0	abc	80.0	d	33.0	efg
G6	263.4	185.0	ı	89.8	b	32.0	g-j
G7	247.8	190.0	de	95.3	a	34.3	cd
G8	247.9	191.0	cd	80.0	d	32.0	g-j
G9	255.8	183.0	j	75.0	e	37.3	a
Pehlivan	261.4	191.5	bcd	70.0	f	37.8	a
G11	276.2	192.0	abc	85.0	c	35.3	bc
G12	279.4	192.0	abc	80.0	d	32.3	f-ı
G13	244.1	183.0	j	80.0	d	31.5	h-k
G14	257.6	183.0	j	80.0	d	33.8	de
Cemre	231.3	193.5	a	75.3	e	34.3	cd
G16	259.9	185.8	hı	70.0	f	28.5	n
G17	277.1	190.3	de	75.0	e	35.8	b
G18	263.8	191.0	cd	75.0	e	31.3	ıjk
G19	269.2	192.8	ab	75.0	e	31.5	hk
Sagittario	253.4	190.0	de	60.0	h	32.0	g-j
G21	269.1	186.0	hı	60.0	h	28.8	mn
G22	227.9	189.3	ef	75.0	e	28.8	mn
G23	255.3	186.8	gh	65.0	g	35.5	b
G24	250.9	188.0	fg	70.0	f	28.0	n
Ceyhan-99	260.8	190.0	de	75.0	e	32.5	fgh
G. Ortalama	259.7	188.8		75.8		32.4	
Maksimum Değer	297.5	193.5		95.3		37.8	
Minimum Değer	217.2	183.0		60.0		28.0	
LSD (0.05)	Ö.D	1.57**		3.35**		1.11**	
CV (%)	17.85	0.59		3.13		2.42	

G. Ortalama: genel ortalama

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



Görsel 1. Vektörler ile genotip-özellik ilişkisi



Görsel 2. Poligon ve sektör odaklı GGE biplot grafiği

Özellikler arasındaki ilişkiyi ve özellik bazında genotiplerin durumunu vektörler ve poligon ile temsil eden GGE biplot grafiklerinde (Görsel 1 ve 2) PC1 %35.82, PC2 %27.14 ve PC1+PC2 %62.96 oranında genotipler arasındaki varyasyonu açıkladı. Tane verimi ile başaklanma süresi, bitki boyu ile başaklanma süresi ve bin tane ağırlığı arasında pozitif ilişki (Yan ve Tinker, 2006; Karaman, 2020) olduğu belirlendi (Görsel 1).

Tane veriminin diğer özelliklere göre orijin merkezinden en uzak mesafede konumlanması tane verimi bakımından genotipler arasındaki varyasyonun yüksek olduğunu gösterdi. Tane veriminde; G1, G4 ve G12, bin tane ağırlığında G9 ve Pehlivan en iyi genotiplerdi (Görsel 1). G24'ün özellikleri temsil eden vektörlerin ters istikametinde bulunması ve orijin merkezinden en uzakta yer alan genotip olması nedeniyle hiçbir özellik yönünden iyi olmadığı söylenebilir.

Tane verimi ile başaklanma süresi farklı grup ve sektörlerde yer alırken, bitki boyu ve bin tane ağırlığının aynı grup ve sektörde konumlandığı belirlendi. Bu sonuç, bitki boyu ve bin tane ağırlığı arasında kuvvetli pozitif ilişki olduğunu gösterdi (Görsel 2). Özelliklerin yer almadığı sektörlerde poligonun köşegeninde yer alan genotiplerin ise hiçbir özellik yönünden öne çıkmadığı tespit edildi (Görsel 2). Nitekim, Poligonun köşegeninde yer alan genotipler köşegene yakın yerde konumlanan özellik veya özellikler yönünden en iyi genotipler olduğu bildirilmiştir (Yan ve ark., 2000; Aktaş ve ark., 2017). GGE biplot grafiği özellikler bazında deneme ortalamasına yakın değerler veren genotiplerin orijin merkezine yakın yerde konumlandığını gösterdi.

SONUÇ VE ÖNERİLER

Araştırmada, tane verimi bakımından G1, G4, G11, G12 ve G17 numaralı hatların Hazro koşullarında ön sırada yer aldığı ve yüksek adaptasyon kabiliyetinde olduğu tespit edilmiştir. Bu genotiplere ait başaklanma sürelerinin deneme ortalamasının üzerinde olması sebebiyle bu hatlar Hazro lokasyonu için orta erkenci genotipler olarak değerlendirilebilir. Bin tane ağırlığında, G9 ve Pehlivan genotipleri aynı grupta yer alarak en yüksek bin tane ağırlığına sahipken, G11 ve G17'nin yüksek tane verimi ile beraber iri taneli hatlar olduğu gözlendi. Ayrıca, G11'in diğer çeşitlere kıyasla orta bitki boyuna sahip olması saman verimi açısından da önemliydi. GGE biplot analizinin genotip-özellik ilişkisini ve özellikler arası ilişkiyi

belirlemede ayırt edici, seleksiyonda etkili bir teknik olduğu gözlendi. Hazro lokasyonu odaklı çeşit geliştirmeye yönelik sağlam kanaatin oluşması için çalışmanın aynı genotipler ile birkaç yıl daha tekrarlanmasının uygun olacağı sonucuna varıldı.

KAYNAKÇA

Aktaş, H., Karaman, M., Erdemci, İ., Kendal, E., Tekdal, S., Kılıç, H., Oral E. Sentetik ve Modern Ekmeklik Buğday Genotiplerinin *(Triticum aestivum* L.*)* Verim ve Kalite Özelliklerinin Karşılaştırılması. Uluslararası Tarım ve Yaban Hayatı Bilimleri Dergisi, 3,1, 25-32, 2017.

Altındal, D., Akgün İ. Isparta ve Burdur Lokasyonlarından Toplanan Ekmeklik Buğday Genotiplerin Verim Ve Verim Özelliklerin Belirlenmesi. Süleyman Demirel Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi 1. Uluslararası Tarımsal Yapılar ve Sulama Kongresi, Özel Sayısı: 357-367, 2018.

Atar, B. Gıdamız buğdayın, geçmişten geleceğe yolculuğu. Yalvaç Akademi Dergisi, 2, 1, 2017.

Austin, R.B.J., Bingham, J., Blackwell, R.D., Evans L.T. Genetic Improvements In Winter Wheat Yields Since 1900 and Associated Physiological Changes. The Journal of Agricultural Science, 94,03, 1980.

Avçin, A., Avcı, M., Dönmez Ö. Orta anadolu şartlarında ekmeklik buğday *(Triticum aestivum* L.*)* çeşitlerinin verimlerindeki genetik gelişmeler. Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü Dergisi, 6, 1997.

Balla, L., Szunics, L. ve Bedo, Z. *Hızlandırılmış Buğday Islah Yöntemleri.* Türkiye Tahıl Sempozyumu, 415-428, Bursa, 1987.

Bayram, S., Öztürk, A., Aydın M. Türkiye Ekmeklik Buğday Genotiplerinde Tescil Yılı İle Bitki Boyu, Çim Kını Uzunluğu Ve Tane Verimi Arasındaki İlişkiler. Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü Dergisi, 26, 2017.

Bozkurt, M., Olgun, M., Bolat N. Eskişehir Sulu Koşullarında Bazı Ekmeklik Buğday Hat Ve Çeşitlerinin Verim Ve Kalite Özelliklerinin İncelenmesi. Research Journal of Biology Sciences, 15, 2, 2022.

Karaman, M. Yazlık Ekmeklik Buğday *(Triticum aestivum* L.*)* Genotiplerinin Tarımsal Özellikler Bakımından Değerlendirilmesi. ISPEC Tarım Bilimleri Dergisi, 4,1, 2020.

Koç, A., Akın, B., Olgun M. Modern ve Yerel Buğdayların Bazı Önemli Özelliklerindeki Uzunluk Varyasyonlarının Biyolojik Verim Ve Hasat İndeksi Üzerine Etkileri. Research Journal of Biology Sciences, 14, 2, 2020.

Özsoy, B., Erbaş Köse Ö.D. Konya'da Yağışa Dayalı Ve Sulamalı Koşullarda Farklı Sıra Arası Mesafelerin Buğday Çeşitlerine Etkisi: I. Tane Verimi Ve Verim Unsurları. ISPEC Tarım Bilimleri Dergisi, 6, 4, 2022.

Seal, C.J., Courtin, C.M., Venema, K., de Vries J. Health Benefits of Whole Grain: Effects on Dietary Carbohydrate Quality, The Gut Microbiome, and Consequences of Processing. Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety, 20, 3, 2021.

Yağmur, M., Sözen, Ö., Pala D. Yarı Kurak Şartlarda Farklı Tohum Miktarlarının İki Ekmeklik Buğday *(Triticum aestivum* L.*)* Çeşidinde Tane Verimi ve Bazı Verim Öğeleri Üzerine Etkilerinin Belirlenmesi. Manas Journal of Agriculture Veterinary and Life Sciences, 11, 1, 2021.

Yan, W., Hunt, L.A., Sheng, Q., Szlavnics Z. Cultivar evaluation and mega environment investigation based on the GGE biplot. Crop Science, 40, 2000.

Yan, W., Tinker N.A. Biplot Analysis Of Multienvironment Trial Data: Principles and Applications. Canadian Journal of Plant Science, 86, 2006.

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

USE OF RHIZOBACTERIA TO PROMOTE PLANT GROWTH IN ABIOTIC STRESSES IN SUSTAINABLE AGRICULTURE

Research Assist. Merve KARAKOYUN

University of Bilecik, Faculty of Agriculture and Natural Science, Department of Horticulture, Bilecik, Türkiye,

merve.karakoyun@bilecik.edu.tr , 0000-0001-7438-4738

Assoc. Prof. Dr. Şeyma ARIKAN

Horticulture Department, Faculty of Agriculture, University of Selçuk, Konya, Turkey,

arikan@selcuk.edu.tr , 0000-0002-4328-0263

ABSTRACT

Plant stress is characterized as a condition that adversely impacts growth and development, perhaps causing injury or resulting in mortality. Abiotic stress and climate change have multiple consequences and significantly threaten the sustainability and productivity of agricultural systems. In modern agriculture, advantageous microorganisms (bacteria, mycorrhizae, insects, etc.) are integral to sustainable practices in response to numerous abiotic challenges, including salinity, drought, cold, and heat, which significantly impact crop productivity. Bacteria benefit advantages from their capabilities in N_2-fixation, phosphate solubilization, and the synthesis of siderophores, indole acetic acid (IAA), cytokinins, and ACC (1-aminocyclopropane-1-carboxylate) deaminase.

Rhizobacteria are advantageous bacteria residing in plant root exudates, significantly contributing to plant growth and resilience against abiotic stress factors. Plant growth-promoting rhizobacteria (PGPR) are utilized for the enhancement, multiplication, and biological regulation of growth and development in horticultural plants. These plant growth-promoting rhizobacteria are significant for their capacity to mitigate the adverse impacts of numerous abiotic stress factors including drought, salinity, and heavy metal contamination, on plant growth and development. The application of PGPR in sustainable agriculture is a promising strategy to mitigate the challenges associated with abiotic stres factors. The diverse mechanisms through which PGPR alleviate the detrimental impacts of abiotic stres factors, such as the synthesis of phytohormones, osmoprotectants, and the modulation of the antioxidant defense system, render them an invaluable asset for enhancing crop performance and safeguarding food security amid environmental challenges.

Keywords: stress tolerence, PGPRs, plant growth promotion, ACC deaminase

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

1.INTRODUCTION

Abiotic stress factors such as drought, salt, extreme temperatures, and heavy metal toxicity pose significant challenges to global plant growth and productivity (Khan et al. 2021; Ahmad et al. 2023; Ahmad 2023). These stress factors can significantly disrupt numerous physiological and biochemical processes in plants, resulting in reduced agricultural yields and quality (Reis et al. 2012; Imran et al. 2021; Yashaswini 2024). To address these challenges, it is imperative to implement sustainable agriculture techniques that enhance plant resilience to abiotic stresses. One promising strategy is the application of plant growth-promoting rhizobacteria (PGPR) in sustainable agriculture (Gull et al. 2019; Aloo et al. 2023;). Rhizobacteria are advantageous soil microbes that inhabit the rhizosphere, also called the root zone, and can provide numerous beneficial effects to host plants (Khan et al. 2021; Rao et al. 2022). These include increased nutrient uptake, synthesis of plant growth-regulating compounds, and increased resistance to abiotic stress factors (Wu et al. 2016; Lata et al. 2018; Umar et al. 2022). Rhizobacteria can reduce the negative effects of abiotic stress factors in several ways. They can synthesize phytohormones such as auxin, cytokinin, and gibberellin, which can promote plant growth and development even in stressful environments (Rahman 2013; Ma 2024). Rhizobacteria can increase the synthesis of favorable solutes, including proline and glycine betaine, which help maintain osmotic balance and protect cellular structures (Park and Park 2019; Jha et al. 2020; Yashaswini 2024). Moreover, rhizobacteria can induce the production of stress-responsive genes and transcription factors, which may result in the activation of various defense pathways (Rao et al. 2022; Prisa 2023; Yu 2024). In addition, rhizobacteria increase nutrient availability and absorption by the plant, which is essential for maintaining growth and productivity under abiotic stress (Reis et al. 2012; Kim et al. 2021; Turhan 2024). They can solubilize and mobilize vital nutrients, including phosphorus and iron, thereby increasing their availability to the plant (Feng et al. 2013; Imran et al. 2021; Tao et al. 2022). This can alleviate nutrient deficiencies and enhance plant performance in stressful environments. Rhizobacteria can enhance the antioxidant capacity of plants, which is crucial for alleviating the harmful effects of oxidative stress induced by abiotic stress factors (Rejeb et al. 2014; Rubin et al. 2015).They can increase the synthesis of antioxidant enzymes and non-enzymatic antioxidants, including ascorbic acid and glutathione, which neutralize reactive oxygen species and protect cellular components (Gong et al. 2019; Hurmat et al. 2020; Das and Biswas 2022). In addition, rhizobacteria can affect the expression of genes associated with stress signaling pathways, including those related to abscisic acid (ABA), jasmonic acid (JA), and salicylic acid (SA) (Rane et al. 2021; Liu et al. 2022; Khator 2024). These phytohormones are important in the plant response to abiotic challenges and modulation of their signaling by rhizobacteria can increase the overall stress tolerance of the plant (Ma 2024).

1.1. Abiotic Stress Factors in Horticultural Practices

Horticultural crops produce a variety of substances that are essential for humans, including fruits and vegetables worldwide. In order to achieve optimum yields, it is essential to consider the effects of environmental conditions, as they can directly and indirectly affect plant development and growth (Schaffer and Andersen 1994). The primary factors limiting the

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

production of horticultural crops are environmental stresses. Abiotic stress factors pose significant risks to the growth, development and production of horticultural crops globally. Agriculture accounts for more than 70% of global water use, and this consumption is under increasing pressure from abiotic stress factors that have emerged in recent years (Steduto et al. 2012). Moreover, heavy rainfall in agricultural areas can lead to flooding, negatively affecting crop yields and crop quality. In addition to the damage caused by high temperatures, low temperatures pose a challenge to a large number of species, including spring-flowering fruit trees such as almonds and peaches. Furthermore, important sources of yield and flowers are negatively affected by cold stress (Francini and Sebastiani 2019). Temperature, light quality and intensity are key factors in respiration and photosynthesis. The amount and quality of light also affect crop mass and output value. Nutrition affects both nutrient excess and deficiency, affecting growth, production and quality depending on the species. The presence of heavy metal pollutants can serve as a limiting factor in certain horticultural and agricultural areas (Francini and Sebastiani 2019).

Drought stress, affects plant growth and development both directly and indirectly due to uncontrollable abiotic stress factors (Hu et al. 2020). Global climate change has led to increasing temperatures and atmospheric CO_2 levels, resulting in erratic rainfall patterns in various regions in recent years (Mishra and Singh 2010; Arbona et al. 2013; Dai 2013; Nezhadahmadi et al. 2013; Salehi-Lisar and Bakhshayeshan-Agdam 2016). Drought directly affects plant physiology, biochemistry, and morphology (Hanaka et al. 2021). Moreover, it inhibits seedling growth and germination development (Khan et al. 2019). Drought affects all aspects of the plant, resulting in reduced crop yield. Drought mainly affected plant cell growth, cell elongation, and division (Abdelaal et al. 2021). Thickening of cell walls, development of vascular tissues, and formation of cuticular layers on leaf surfaces represent the most common morphological responses to drought and cause anatomical changes in plants. Thickening of cell walls, development of vascular tissues, and cuticular layers on leaf surfaces are the most common morphological responses to drought and cause anatomical changes in plants (Abdelaal et al. 2018; Hanaka et al. 2021). From a physiological perspective, drought affects leaf water potential and content, stomatal conductance, evaporation, and photosynthetic properties (Liu et al. 2005; Ullah et al. 2017). In addition, dryness disrupts the passage of nutrients in the soil, their absorption by the roots, and their distribution among plant tissues (Ragel et al. 2019).

Salinity, an abiotic stress factor, impedes and constrains crop development and growth (Isayenkov and Maathuis 2019). Globally, almost 20% of irrigated agriculture experiences salt stress, resulting in average production reductions exceeding 50% in certain regions (Riyazuddin et al. 2020). Salinity, like other abiotic stress factors, adversely impacts seed germination, growth, and physiology. Soil salinity results from improper irrigation and fertilization (Nıu et al. 2019). Osmotic stress is the initial reaction of plants to salt, succeeded by toxicity and specific ion stress, both resulting from the buildup of Na and Cl ions. Elevated concentrations of Na and Cl in plants over detrimental threshold levels induce specific toxicities and alterations in water relations (Munns and Tester 2008; Bernstein 2019). Additional consequences of salinity encompass disrupted metabolism and oxidative injury (Bernstein et al. 2013; Bernstein 2019). Salinity diminishes turgor pressure, osmotic potential, and leaf water potential. As the

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

concentration of detrimental ions escalates in plant cells, the levels of K+ and Ca^{2+} diminish, leading to the generation of reactive oxygen species (Cambridge et al. 2017; Ali et al. 2020).

Lime-induced chlorosis, the calcium and salt concentration of the soil, significantly impacts agricultural productivity. Calcareous soils constitute around 30% of global soil types. A prevalent and detrimental mineral disorder known as lime-induced chlorosis has been previously recorded (Webster et al. 2005; Arıkan et al. 2020). In calcareous soils specifically, iron deficiency constitutes an abiotic stress factor that impedes plant development and growth (Alvarez-Fernández et al. 2006). Iron chlorosis in plants cultivated in calcareous soils primarily results from elevated bicarbonate concentrations or calcium carbonate levels (Lucena 2000). Reactive oxygen species (ROS) are generated in plants due to mineral shortages, which contribute to oxidative stress (Donnini et al. 2011; Gill and Tuteja 2010). Moreover, reactive oxygen species in cells can substantially harm genetic material, modify cell membranes, and deactivate enzymes (Moldovan and Moldovan 2004; Valipour et al. 2020). Iron chlorosis occurs when certain unfavorable soil characteristics, particularly lime, are present or lacking. Fruit trees possess a restricted capacity to recycle Fe, necessitating supplementary Fe for optimal growth, despite the continual Fe requirements of most plants (Rombolà and Tagliavini 2006). Iron is an inorganic metal prevalent in soils, and its solubility is influenced by the soil's pH. Under calcareous conditions, the availability of iron is restricted (Tagliavini and Rombola 2001).

Heavy metal stress, the extensive application of heavy metals in agriculture constitutes a significant ecological issue (Clemens and Ma 2016; Rehman et al. 2021). Metals are vital for plants, although their excess can be detrimental. Toxic metals, including cadmium and lead, severely impair soil quality and microbial diversity, along with their prolonged persistence above threshold levels (Wani et al. 2008a; 2008b; Ahemad and Khan 2012). The growth stage, exposure level, plant species, and additional factors influence the manifestation of the detrimental effects of heavy metals. Nickel inhibits the germination and growth of certain crop seeds by regulating the activity of amylase, protease, and ribonuclease (Ahmad and Ashraf 2012). Lead influences magnesium and iron absorption, impacts seed germination, plant growth, transpiration, and Calvin cycle enzymes, and induces stomatal closure. Consequently, a deficit of CO_2 arises. Lead inhibits plant growth, transpiration, Calvin cycle enzymes, magnesium and iron uptake, and induces stomatal closure, leading to carbon dioxide deficit (Pourrut et al. 2011). Heavy metals, owing to their toxicity, induce the generation of reactive oxygen species (ROS), which impair plant cells and metabolic processes via oxidation. This route induces oxidative stress, hence impairing critical metabolic activities.

Low and high temperature stress, the biggest problem facing agriculture today is the increase in global temperatures. Global climate models estimate an increase in average ambient temperature of 1-6 °C by the conclusion of the twenty-first century (Foley et al. 2011). High temperatures also result in reduced population development and shorter root length (Toh et al. 2008; Kumar et al. 2011). Increased fixation is necessary for plants to improve respiration. Rubisco activity is significantly diminished at elevated temperatures (>35 °C), thereby impairing photosynthesis. Heat stress modifies cell membrane functionality mostly due to alterations in membrane fluidity. Photosystem II in chloroplasts is the most thermally sensitive component of photosynthesis, and heat stress diminishes its efficacy (Barnabás et al. 2008).

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

Reports indicate that this stress predominantly contributes to the detrimental effects of protein denaturation, enzyme inactivation, heightened fluidity of membrane lipids, diminished protein synthesis and degradation, and compromised membrane integrity.

In severe instances, ice crystals may penetrate plant cells and induce cytosol outflow, ultimately leading to plant mortality (Zhang et al. 2011; Demidchik et al. 2014; Sun et al. 2019). The exact process via which plants withstand heat stress remains unidentified. Plants improve membrane cryostability to avert freeze damage, potentially linked to alterations in the membrane and adjacent cellular components of the plasma membrane. To enhance the cryostability of the plasma membrane, hydrophilic molecules such as sugars, enzymes, and dehydrins modify the lipids and membrane proteins (Lee et al. 2014; Strimbeck et al. 2015; İpek et al. 2019).

Flooding stress, water is vital for plant survival; nevertheless, excessive water, floods, or overflow induces stress in them. Flooding, an abiotic stress factors significantly affects around 16% of global agricultural land (Ahsan et al. 2007). Oxygen is a fundamental requirement for plant survival. Nevertheless, substantial waterlogging diminishes the soil's capacity to hold oxygen. In stressful conditions, heightened anaerobic respiration impedes plant growth (Hattori et al. 2011; Nishiuchi et al. 2012). In response to this stress, plants have evolved two primary adaptive strategies: low oxygen stagnation syndrome (LOQS) for partial inundation and low oxygen escape syndrome (LOES) for complete inundation (Colmer and Voesenek, 2009; Voesenek and Bailey-Serres 2015; Zhang et al. 2015). Plants employing the LOQS strategy demonstrate limited growth by utilizing minimal energy to enhance their survival prospects (Loreti et al. 2016). The upper leaves of plants employing the LOES approach are conserved as a precautionary measure. Furthermore, these plants may recuperate once the flood stress diminishes.

2.PLANT GROWTH PROMOTING RHIZOBACTERIA

Given the persistent rise in food demand driven by population growth, it is essential to adopt innovative and sustainable practices in agricultural operations. The application of chemical fertilizers enhances agricultural productivity, however concurrently deteriorates soil quality. The restricted soil area next to the root systems of growing plants is referred to as the plant rhizosphere, symbolizing microbial activity in the soil (de la Fuente Cantó et al. 2020). The predominant microbial taxa in the rhizosphere are bacteria and fungus. Plant growth-promoting rhizobacteria (PGPR), a term introduced by Kloepper and Schroth in 1978, are free-living soil bacteria that inhabit the rhizosphere, colonize plant roots, and enhance plant growth (Dutta and Podile 2010). PGPR can be categorized into free-living rhizobacteria, residing externally to plant cells, and symbiotic bacteria, which inhabit plant interiors and engage in direct metabolite exchange with them (Gray and Smith 2005). Their modes of action are both direct and indirect, yielding several impacts and advantages.

Hormone synthesis, phytohormones regulate all cellular activities in plants and are essential in modulating the signal transduction pathway during responses to abiotic stresses (Pieterse et al. 2009). PGPR mitigate biotic and abiotic stresses in plants. Rhizobacteria that enhance plant growth occur endophytically or symbiotically within plant tissues. Furthermore, they interact with the root surface and communicate by producing a diverse array of metabolically active compounds (Egamberdieva et al. 2011; Berg et al. 2013).

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

Plant growth-promoting bacteria either directly assist plant development or enhance nutrient absorption from the environment (Khan et al. 2017). The growth of the root system may be influenced by a change in ethylene levels induced by PGPR. The compatibility of plant cytokines with PGPR has demonstrated susceptibility. Numerous PGPR strains possess the ability to synthesize cytokinins. Gibberellins, essential for the development, growth, and maturation of fruits and seeds, can be manufactured by the plant with the assistance of PGPR. The ABA content increases when certain abscisic acid-rich strains are grafted, enhancing the plant's resilience to stress.

ACC-deaminase production, one crucial enzyme that controls the formation of ethylene by metabolizing ACC is 1-aminocyclopropane-1-carboxylic acid (ACC) deaminase, which is present in several plant growth-promoting rhizobacteria (an intermediate precursor in ethylene biosynthesis in higher plants). Stress causes plants to respond by generating ACC, which is a precursor to ethylene synthesis (Glick et al. 2007).

The rhizosphere is where ACC is secreted, taken up by the roots, and then transformed into ethylene. Ethylene, as is well known, hinders root development in this instance by preventing the intake of nutrients and water. As a result, ethylene concentration is a variable that can affect how well plants grow and develop. The first is that bacteria are more common than other microorganisms, which is one of the two reasons for focusing on bacterial ACC deaminase. Another is that although though ACC deaminase in eukaryotic bacteria has been identified, the bulk of ACC deaminase activity is found in various bacterial species (Nascimento et al. 2014). Various physiological systems in plants are significantly reliant on ACC. Plants require balanced amounts of ACC to temporally respond to ethylene under different conditions. Intricate interactions transpire during synthesis, exchange, and transport, especially under stress, and these interactions regulate the ACC level. The researchers concluded that the rhizosphere of resistant plants and the isolation of ACC deaminase-producing bacteria can effectively promote plant growth under environmental abiotic stress factors (Sharma et al. 2020).

Siderophore production, the term "siderophores" denotes a category of metal-chelating agents designed to extract insoluble ferric iron from diverse settings (Nagoba and Vedpaktak 2011). Numerous facultative and aerobic bacteria have been documented to produce siderophores in response to iron deficiency (Neilands 1995). The production of siderophores facilitates the suppression of iron-dependent phytopathogens; siderophore-producing plant growth-promoting rhizobacteria (PGPR) compete with pathogens for Fe (III), hence hindering iron availability and leading to pathogen mortality (Shaikh et al. 2018).

In saline soils and arid conditions, siderophore-producing rhizobacteria face challenges due to high salinity and insufficient iron availability. Saltwater stress inhibits development and modifies plant physiology, with nutritional imbalance being one of the most prominent impacts. Bacteria that enhance plant growth and the role of microbial siderophores in facilitating iron transfer to plants have been shown to alleviate stress (Ferreira et al. 2019). Microorganisms capable of solubilizing phosphorus (P) offer promise for plant fertilizers in soils deficient in P concentration (Khan et al. 2007).

Nitrogen fixation, as is known, nitrogen serves as the building block of all life. It is very important for the formation of membrane lipids, amino acids and nucleotides necessary for

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

plant development (Pisani 1995). Nitrogen is a limiting nutrient due to the inability of plants to absorb 78% of the abundant nitrogen in the environment. The nitrogen reserve in the soil should be ideal for plant development and producing high-quality products, despite the continuous loss of nitrogen through processes such as soil erosion, chemical volatilization and soil leaching (Arıkan and Karakoyun 2022). There are two ways to provide nitrogen to the soil by reducing N2. While commercial inorganic fertilizers provide chemical nitrogen fixation, a certain class of prokaryotic organisms provide biological nitrogen fixation (Shin et al. 2016). They can correct the system that converts dinitrogen, which plants lack, into ammonia, thanks to beneficial bacteria (Shin et al. 2016).

Phosphorus solubility is the second most important component affecting plant growth after nitrogen. Phosphorus is abundant in soil in both organic and inorganic forms. Plants absorb only two soluble forms of phosphorus: monobasic and dibasic ions, because phosphorus in soil is insoluble (Bhattacharyya and Jha 2012). In cases of phosphate deficiency, phosphate-containing fertilizers should be applied frequently. However, when phosphorus fertilizer is used, only a small portion is assimilated; the excess remains insoluble in the soil. Phosphorus, which is very important for plant growth, can be absorbed by plants through the activity of beneficial bacteria called phosphate-solubilizing bacteria (PSB) (Nautiyal et al. 2000; Chen et al. 2006). Reports indicate that several soil bacteria often produce low molecular weight organic acids that facilitate the solubilization of inorganic phosphorus (Zaidi et al. 2009).

Potassium solubilization, as the third essential element, potassium is recognized to be crucial for photosynthesis, protein synthesis, and enzyme activation. Without enough potassium, plants produce fewer seeds, have weaker roots, and produce even lower yields. It is vital to find more alternative methods for potassium availability and plant absorption in soils in order to maintain agricultural yield (Kumar and Dubey, 2012). As a result, using potassium solvent PGPR as a biofertilizer would reduce the use of agrochemicals and promote crop production that is sustainable (Setiawati and Mutmainnah 2016; Basak et al. 2017; Wei et al. 2017).

Potassium may be dissolved with PGPR by synthesizing organic acids (Han and Lee 2006). Burkholderia species, Bacillus mucilaginosus, Bacillus edaphicus, and Paenibacillus species are examples of bacteria. It is known that PGPRs that dissolve potassium, like PGPR, release potassium (Liu et al. 2016).

Molecular responses, bacteria must create diverse defense systems under duress. The membrane's structure alters when bacteria experience drought stress. Pseudomonas plays a crucial role since it produces several enzymes and metabolites that enable plants to endure abiotic stress (İpek and Mutluay 2022). Plants require a molecular mechanism to safeguard against stress. Plant stress mechanisms encompass the buildup of stress proteins and the modulation of gene transcription levels (Kavar et al. 2008).

3.ELIMINATION OF ABIOTIC STRESS FACTORS THROUGH RHIZOBACTERIA

The effects of abiotic stress and climate change are complex and pose a serious threat to the productivity and sustainability of agricultural systems. The main abiotic stress factors affecting crop production in contemporary agriculture include salt, drought, chilling and heat (Tardieu and Tuberosa 2010). The effects of stress can be reduced by using beneficial microorganisms in agriculture such as bacteria, mycorrhiza, insects, etc. Bacteria have many functions such as N2 fixation, phosphate solubilization and the formation of siderophores, indole acetic acid

(IAA), cytokinins and 1-aminocyclopropane-1-carboxylate (ACC)-deaminase (İpek et al. 2019).

PGPR is used in horticultural crops for procedures such as growth and development stimulation, reproduction and biological control. There are cases where PGPR improves horticultural crop yield. In recent years, plant production and root length have been continuously increased in tests using PGPR. The majority of bacterial strains used as PGPR in fruit crops are from the Pseudomonas and Bacillus groups. The global threat of drought or water scarcity, one of the abiotic stresses, is worsening. However, evaporation increases as access to water resources decreases (Li et al. 2017). Soil conditions resulting from drought directly affect plant performance, including aspects such as plant morphology, anatomy, physiology, and biochemistry. Impaired seed germination and seedling development negatively affect plant height, nutrition, and biomass, limiting yield. The importance of PGPR in reducing abiotic stress factors is increasing. Several hypotheses have been presented to explain the mechanisms by which rhizobacteria increase plant drought tolerance: (1) Synthesis of phytohormones, including abscisic acid (ABA), gibberellic acid, cytokinins, and indole-3-acetic acid (IAA); (2) reduction of ethylene concentrations in roots via ACC deaminase; (3) facilitation of systemic tolerance via bacterial compounds; and (4) presence of bacterial exopolysaccharides (Calvo-Polanco et al. 2013; Maheshwari et al. 2013; Timmusk et al. 2014).

Salinization, a major challenge to global agricultural productivity, causes salt accumulation in soil and groundwater in over 100 countries, especially in arid and semiarid regions (Shankar and Evelin 2019) and causes significant accumulation of soluble salts (Hazzouri et al. 2020). Plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) have demonstrated the ability to influence the management of abiotic stress through direct or indirect mechanisms leading to systemic tolerance (Yang et al. 2009). The mechanisms of recovery are complex and sometimes poorly understood; they are studied for their importance in increasing productivity. Stress alleviation occurs through multiple mechanisms orchestrated by a complex network of signaling events during plant-microbe interactions (Smith et al. 2017). The amount triggered has been shown to depend on the dynamic activity of PGPR related to stomatal conductance, ion transport, water and nutrient uptake, phytohormonal levels, signal transduction proteins, antioxidant enzymes, and glucose metabolism in plants.

Calcareous soils constitute approximately 30% of the Earth's terrestrial surface. These soils generally contain plant components such as iron (Fe), manganese (Mn), copper (Cu), and zinc (Zn) due to their poor solubility at high pH levels and the formation of highly insoluble complexes. Limited nutrient availability is a defining feature. Malnutrition is a common and detrimental condition in several important horticultural crops (Webster et al. 2005). Horticultural crops most susceptible to lime-induced chlorosis include peach, pear, grape, and strawberry. Fruit tree growers should use Fe-chelated fertilizers and select trees resistant to lime-induced Fe chlorosis (İpek et al. 2021). Alternative methods should be evaluated due to the high cost of chemical fertilization and the limited availability of lime disease-resistant rootstocks (Tagliavini and Rombola 2001; Sorrenti et al. 2012).

Plants predominantly absorb heavy metals via their roots and, to a lesser degree, through their leaves. Stomata, cuticular fissures, ectodesmata, and aqueous pores are potential channels for leaf absorption. Humans are most exposed to heavy metals by their buildup in fruit and

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

vegetable plants, which adversely permeate the food chain. The growth and yield of certain crops can be adversely affected by the application of heavy metals in elevated concentrations. Zn and Cd induce oxidative damage in plants and diminish metabolic activity; Cu generates reactive oxygen species and induces oxidative stress. Mercury may cause physical damage and health complications. Chromium affects photosynthesis regarding carbon dioxide fixation, electron transport, photophosphorylation, and enzyme activity. Lead induces anomalous plant morphology; nickel disrupts the balance of nutrients, resulting in irregularities in cell membrane function. Free radicals are generated by iron, which irrevocably modifies biological structures and inflicts damage on proteins, DNA, and membranes. It leads to root discoloration, delayed shoot growth, and leaf necrosis and wilting. PGPR mitigates the effects of heavy metals.

Heat stress brought about by global warming has become a serious concern for agricultural production due to reduced fruit quality and sustainability of production (Morales-Quintana et al. 2020). Accumulation of reactive oxygen species (ROS) brought about by very high temperatures damages chloroplasts and cell membranes (Sarkar et al. 2018). As a result, heat stress interferes with the phenological, physiological and biochemical activities of plants at various life stages (Hassan et al. 2021). Plants can partially withstand heat stress by controlling antioxidants, enhancing membrane integrity and reducing ROS (Ali et al. 2020). PGPR enhances heat stress tolerance through reduced ROS production, reduced membrane oxidation, chloroplast maintenance, improved chlorophyll content, increased redox enzyme expression and accumulation of osmolytes (proline and glycine betaine) (Sarkar et al. 2018).

Around 10% of cropland worldwide is affected by flooding, which is a significant impediment to agricultural output. The plants are faced with a lack of oxygen supply (hypoxia or anoxia) during the soggy circumstances of the root zone, which hampers respiration in the roots and finally results in a lack of energy in the cells. Exogenous Ca^{2+} supplementation as $CaCl_2$ or $Ca(NO_3)_2$ enhances plant tolerance to hypoxic/flood stress, according to several studies, via modifying photosynthetic activity, N metabolism, and gene expression control. Exogenous Ca^{2+} supplementation activates sensory and signaling pathways during overflow stress. Ca^{2+} ions are released from mitochondria when plants are subjected to hypoxia as a result of the cytosol's pH dropping (Subbaiah et al. 1998).

PGPRs can alleviate the harmful effects of many environmental stresses, as mentioned in this section. Identification, selection, and use of appropriate beneficial microorganisms can improve strategies to address the growing problems while remaining environmentally sustainable and promoting health. Sustainable agricultural practices can serve as a biofertilization option in response to adverse environmental conditions. Plant growth-promoting root bacteria provide numerous benefits for plant development and growth (Esitken et al. 2002; Esitken et al. 2003; Karakurt and Aslantas 2010; Ipek et al. 2017; Ipek et al. 2021). Auxin, cytokinin, and gibberellins are among the synthesized phytohormones that exhibit beneficial effects (Garca de Salamone et al. 2001; Egamberdiyeva 2005).

4. FUTURE PERSPECTİVE

Rhizobacteria that promote plant growth populate the root zones, facilitating plant growth and development. Moreover, it is essential in protecting plants from several abiotic stresses, including drought, salinity, flooding, and heavy metal exposure. Plant Growth-Promoting Rhizobacteria (PGPRs) have been shown to produce phytohormones, siderophores, organic

acids, and volatile compounds that enhance plant growth, stress-induced metabolites, osmotic solutes, and proline, and to stimulate antioxidant enzymes. These obligations, essential for sustainable agriculture, underscore the significance of the product. Agricultural solutions employed to mitigate abiotic stress, such as drip irrigation, drainage systems, and chemical fertilization, are costly and carry significant adverse environmental consequences.

Most evidence indicates a protective advantage against abiotic stress conferred by PGPR; yet, there are also recognized disadvantages. To mitigate stress and foster growth, plant growth-promoting microorganisms are deemed necessary. Further investigation into the PGPR pathway under abiotic stress conditions is essential.

REFERENCES

Abdelaal, K. A., Hafez, Y. M., El-Afry, M. M., Tantawy, D. S., Alshaal, T. Effect of some osmoregulators on photosynthesis, lipid peroxidation, antioxidative capacity, and productivity of barley (Hordeum vulgare L.) under water deficit stress, *Environmental Science and Pollution Research*, 2018, 25 (30), 30199-30211.

Abdelaal, K., AlKahtani, M., Attia, K., Hafez, Y., Király, L. ve Künstler, A. The role of plant growth-promoting bacteria in alleviating the adverse effects of drought on plants, *Biology*,2021,10 (6), 520.

Ahemad, M. ve Khan, M. S. Effect of fungicides on plant growth promoting activities of phosphate solubilizing Pseudomonas putida isolated from mustard (Brassica compestris) rhizosphere, *Chemosphere*,2012, 86 (9), 945-950.

Ahmad, I., Song, X., Hussein Ibrahim, M. E., Jamal, Y., Younas, M. U., Zhu, G., ...Adam Ali, A. Y. The role of melatonin in plant growth and metabolism, and its interplay with nitric oxide and auxin in plants under different types of abiotic stress. *Frontiers in Plant Science*, 2023, *14*, 1108507.

Ahmad, I., Zhu, G., Zhou, G., Liu, J., Younas, M. U., Zhu, Y. Melatonin role in plant growth and physiology under abiotic stress. *International Journal of Molecular Sciences*,2023, *24*(10), 8759.

Ahmad, M. S. A., Ashraf, M., , Essential roles and hazardous effects of nickel in plants, *Reviews of environmental contamination and toxicology*, 2012, 125-167.

Ahsan, N., Lee, D.-G., Lee, S.-H., Lee, K.-W., Bahk, J. D. ve Lee, B.-H. A proteomic screen and identification of waterlogging-regulated proteins in tomato roots, *Plant and Soil*, 2007, 295 (1), 37-51.

Ali, S., Rizwan, M., Arif, M. S., Ahmad, R., Hasanuzzaman, M., Ali, B. ve Hussain, A. Approaches in enhancing thermotolerance in plants: an updated review, *Journal of Plant Growth Regulation*,2020, 39 (1), 456-480.

Aloo, B. N., Dessureault-Rompré, J., Tripathi, V., Nyongesa, B. O., Were, B. A. Signaling and crosstalk of rhizobacterial and plant hormones that mediate abiotic stress tolerance in plants. *Frontiers in Microbiology*,2023, *14*, 1171104.

Àlvarez-Fernàndez, A., Abadía, J.,Abadía, A. Iron deficiency, fruit yield and fruit quality, In: Iron nutrition in plants and rhizospheric microorganisms, 2006, p. 85-101.

Arbona, V., Manzi, M., Ollas, C. D.,Gómez-Cadenas, A. Metabolomics as a tool to investigate abiotic stress tolerance in plants, *International journal of molecular sciences*,2013, 14 (3), 4885-4911.

Arıkan, Ş. ve Karakoyun, M. Nutrient availability in temperate fruit species: new approaches in bacteria and mycorrhizae, In: Sustainable Horticulture, 2022, p. 39-54.

Arıkan, Ş., İpek, M., Eşitken, A., Pırlak, L., Dönmez, M. F., Turan, M. Plant growth promoting rhizobacteria mitigate deleterious combined effects of salinity and lime in soil in strawberry plants, *Journal of Plant Nutrition*,2020, 43 (13), 2028-2039.

Barnabás, B., Jäger, K. ve Fehér, A. The effect of drought and heat stress on reproductive processes in cereals, *Plant, cell environment*,2008, 31 (1), 11-38.

Basak, B., Sarkar, B., Biswas, D., Sarkar, S., Sanderson, P. Naidu, R. Bio-intervention of naturally occurring silicate minerals for alternative source of potassium: challenges and opportunities, *Advances in agronomy*,2017, 141, 115-145.

Ben Rejeb, I., Pastor, V., Mauch-Mani, B. Plant responses to simultaneous biotic and abiotic stress: molecular mechanisms. *Plants*, 2014 , *3*(4), 458-475.

Berg, G., Alavi, M., Schmidt, C. S., Zachow, C., Egamberdieva, D., Kamilova, F. ve Lugtenberg, B. Biocontrol and osmoprotection for plants under salinated conditions, *Molecular microbial ecology of the rhizosphere*,2013, 1, 561-573.

Bernstein, N. Plants and salt: Plant response and adaptations to salinity, In: Model Ecosystems in Extreme Environments, 2019, p. 101-112.

Bernstein, N., Eshel, A. ve Beeckman, T. Effects of salinity on root growth, *Plant roots: the hidden half*, 2013, 1-784.

Bhattacharyya, P. N. ve Jha, D. K. Plant growth-promoting rhizobacteria (PGPR): emergence in agriculture, *World Journal of Microbiology and Biotechnology*,2012, 28 (4), 1327-1350.

Calvo-Polanco, M., Sánchez-Romera, B. ve Aroca, R. Arbuscular mycorrhizal fungi and the tolerance of plants to drought and salinity, In: Symbiotic endophytes, 2013, p. 271-288.

Cambridge, M., Zavala-Perez, A., Cawthray, G., Mondon, J. ve Kendrick, G. Effects of high salinity from desalination brine on growth, photosynthesis, water relations and osmolyte concentrations of seagrass Posidonia australis, *Marine Pollution Bulletin*,2017, 115 (1-2), 252-260.

Chen, Y., Rekha, P., Arun, A., Shen, F., Lai, W.-A. ve Young, C. C. Phosphate solubilizing bacteria from subtropical soil and their tricalcium phosphate solubilizing abilities, *Applied soil ecology*, 2006, 34 (1), 33-41.

Clemens, S. ve Ma, J. F. Toxic heavy metal and metalloid accumulation in crop plants and foods, *Annual review of plant biology*,2016, 67, 489-512.

Colmer, T. ve Voesenek, L. Flooding tolerance: suites of plant traits in variable environments, *Functional plant biology*,2009, 36 (8), 665-681.

Dai, A. Increasing drought under global warming in observations and models, *Nature climate change*,2013, 3 (1), 52-58.

Das, R., Biswas, S. Influence of abiotic stresses on seed production and quality. In *Seed Biology Updates*,2022, IntechOpen.

de la Fuente Cantó, C., Simonin, M., King, E., Moulin, L., Bennett, M. J., Castrillo, G. Laplaze, L. An extended root phenotype: the rhizosphere, its formation and impacts on plant fitness, *The Plant Journal*,2020, 103 (3), 951-964.

Demidchik, V., Straltsova, D., Medvedev, S. S., Pozhvanov, G. A., Sokolik, A. ve Yurin, V., Stress-induced electrolyte leakage: the role of K+-permeable channels and involvement in programmed cell death and metabolic adjustment, *Journal of experimental botany*,2014, 65 (5), 1259-1270.

Donnini, S., Dell'Orto, M. ve Zocchi, G. Oxidative stress responses and root lignification induced by Fe deficiency conditions in pear and quince genotypes, *Tree physiology*,2011, 31 (1), 102-113.

Dutta, S. ve Podile, A. R. Plant growth promoting rhizobacteria (PGPR): the bugs to debug the root zone, *Critical reviews in microbiology*,2010, 36 (3), 232-244.

Egamberdieva, D., Kucharova, Z., Davranov, K., Berg, G., Makarova, N., Azarova, T., Chebotar, V., Tikhonovich, I., Kamilova, F. ve Validov, S. Z. Bacteria able to control foot and root rot and to promote growth of cucumber in salinated soils, *Biology and fertility of soils*,2011, 47 (2), 197-205.

Egamberdiyeva, D. Plant-growth-promoting rhizobacteria isolated from a Calcisol in a semi-arid region of Uzbekistan: biochemical characterization and effectiveness, *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*,2005, 168 (1), 94-99.

Eşitken, A., Karlidağ, H., Ercişli, S. Şahin, F. Effects of Foliar Application of Bacillus subtilis Osu-142 on the Yield, Growth and Control of Shot-Hole Disease (Coryneum blight),2002, Gartenbauwissenschaft.

Esitken, A., Karlidag, H., Ercisli, S., Turan, M. Sahin, F. The effect of spraying a growth promoting bacterium on the yield, growth and nutrient element composition of leaves of apricot (Prunus armeniaca L. cv. Hacihaliloglu), *Australian Journal of Agricultural Research*, 2003, 54 (4), 377-380.

Feng, H., Guan, D., Sun, K., Wang, Y., Zhang, T.,Wang, R. Expression and signal regulation of the alternative oxidase genes under abiotic stresses. *Acta Biochim Biophys Sin*,2013, *45*(12), 985-994.

Ferreira, M. J., Silva, H. ve Cunha, A. Siderophore-producing rhizobacteria as a promising tool for empowering plants to cope with iron limitation in saline soils: A review, *Pedosphere*,2019, 29 (4), 409-420.

Foley, J. A., Ramankutty, N., Brauman, K. A., Cassidy, E. S., Gerber, J. S., Johnston, M., Mueller, N. D., O'Connell, C., Ray, D. K. ve West, P. C. Solutions for a cultivated planet, *Nature*,2011, 478 (7369), 337-342.

Francini, A. ve Sebastiani, L. Abiotic stress effects on performance of horticultural crops, Multidisciplinary Digital Publishing Institute,2019, 5**:** 67.

García de Salamone, I. E., Hynes, R. K., Nelson, L. M. Cytokinin production by plant growth promoting rhizobacteria and selected mutants, *Canadian Journal of microbiology*,2001, 47 (5), 404-411.

Gill, S. S. ve Tuteja, N. Reactive oxygen species and antioxidant machinery in abiotic stress tolerance in crop plants, *Plant physiology and biochemistry*,2010, 48 (12), 909-930.

Glick, B. R., Todorovic, B., Czarny, J., Cheng, Z., Duan, J., McConkey, B. Promotion of plant growth by bacterial ACC deaminase, *Critical Reviews in Plant Sciences*,2007, 26 (5-6), 227-242.

Gong, S., Ding, Y., Hu, S., Ding, L., Chen, Z., Zhu, C. The role of HD-Zip class I transcription factors in plant response to abiotic stresses. *Physiologia Plantarum*,2019, *167*(4), 516-525.

Gray, E. ve Smith, D. Intracellular and extracellular PGPR: commonalities and distinctions in the plant–bacterium signaling processes, *Soil biology and biochemistry*,2005, 37 (3), 395-412.

Gull, A., Lone, A. A., Wani, N. U. I. Biotic and abiotic stresses in plants. *Abiotic and biotic stress in plants*,2019, *7*, 1-9.

Han, H.-S., Lee, K. Effect of co-inoculation with phosphate and potassium solubilizing bacteria on mineral uptake and growth of pepper and cucumber, *Plant soil and Environment*,2006, 52 (3), 130.

Hanaka, A., Ozimek, E., Reszczyńska, E., Jaroszuk-Ściseł, J. Stolarz, M. Plant Tolerance to Drought Stress in the Presence of Supporting Bacteria and Fungi: An Efficient Strategy in Horticulture, *Horticulturae*,2021, 7 (10), 390.

Hassan, M. U., Chattha, M. U., Khan, I., Chattha, M. B., Barbanti, L., Aamer, M., Iqbal, M. M., Nawaz, M., Mahmood, A., Ali, A. Heat stress in cultivated plants: Nature, impact,

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

mechanisms, and mitigation strategies—A review, *Plant Biosystems-An International Journal Dealing with all Aspects of Plant Biology*,2021, 155 (2), 211-234.

Hattori, Y., Nagai, K., Ashikari, M. Rice growth adapting to deepwater, *Current opinion in plant biology*,2011, 14 (1), 100-105.

Hazzouri, K. M., Flowers, J. M., Nelson, D., Lemansour, A., Masmoudi, K., Amiri, K.Prospects for the study and improvement of abiotic stress tolerance in date palms in the post-genomics era, *Frontiers in plant science*,2020, 11, 293.

Hu, Y., Xie, G., Jiang, X., Shao, K., Tang, X., Gao, G.The relationships between the free-living and particle-attached bacterial communities in response to elevated eutrophication, *Frontiers in Microbiology*,2020, 11, 423.

Hurmat, R. S., Bansal, G. Does abiotic stresses enhance the production of secondary metabolites? A review. *Pharma Innov. J*,2020, *9*, 412-422.

Imran, Q. M., Falak, N., Hussain, A., Mun, B. G.,Yun, B. W. Abiotic stress in plants; stress perception to molecular response and role of biotechnological tools in stress resistance. *Agronomy*,2021, *11*(8), 1579.

İpek, M. ve Mutluay, E. Enhancing the physiological and molecular responses of horticultural plants to drought stress through plant growth–promoting rhizobacterias, In: Sustainable Horticulture, 2022, p. 185-199.

Ipek, M., Aras, S., Arıkan, Ş., Eşitken, A., Pırlak, L., Dönmez, M. F., Turan, M. Root plant growth promoting rhizobacteria inoculations increase ferric chelate reductase (FC-R) activity and Fe nutrition in pear under calcareous soil conditions, *Scientia Horticulturae*,2017, 219, 144-151.

İpek, M., Arıkan, Ş., Eşitken, A., Pırlak, L., Turan, M., Dönmez, M. F. Effects of Some Plant Growth-Promoting Rhizobacteria (PGPR) on Growth and Nutrition of Apple Cv.“Braeburn” under High Lime Soil Condition, *Communications in Soil Science and Plant Analysis*,2021, 52 (5), 432-442.

İpek, M., Arıkan, Ş., Pırlak, L., Eşitken, A. Sustainability of crop production by PGPR under abiotic stress conditions, In: Plant growth promoting rhizobacteria for agricultural sustainability, 2019, p. 293-314.

Isayenkov, S. V. ve Maathuis, F. J. Plant salinity stress: many unanswered questions remain, *Frontiers in Plant Science*,2019, 10, 80.

Jha, U. C., Nayyar, H., Jha, R., Khurshid, M., Zhou, M., Mantri, N.,Siddique, K. H. Long non-coding RNAs: emerging players regulating plant abiotic stress response and adaptation. *BMC Plant Biology*,2020, *20*, 1-20.

Karakurt, H. ve Aslantas, R. Effects of some plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) strains on plant growth and leaf nutrient content of apple, *Journal of Fruit and Ornamental Plant Research*,2010, 18 (1), 101-110.

Kavar, T., Maras, M., Kidrič, M., Šuštar-Vozlič, J., Meglič, V. Identification of genes involved in the response of leaves of Phaseolus vulgaris to drought stress, *Molecular Breeding*,2008, 21 (2), 159-172.

Khan, M. A., Asaf, S., Khan, A. L., Adhikari, A., Jan, R., Ali, S., Imran, M., Kim, K.-M., Lee, I.-J. Halotolerant rhizobacterial strains mitigate the adverse effects of NaCl stress in soybean seedlings, *BioMed Research International*, 2019.

Khan, M. S., Zaidi, A. ve Wani, P. A. Role of phosphate-solubilizing microorganisms in sustainable agriculture—a review, *Agronomy for sustainable development*,2007, 27 (1), 29-43.

Khan, N., Ali, S., Shahid, M. A., Mustafa, A., Sayyed, R. Z., Curá, J. A. Insights into the interactions among roots, rhizosphere, and rhizobacteria for improving plant growth and tolerance to abiotic stresses: a review. *Cells*,2021, *10*(6), 1551.

Khan, N., Bano, A. ve Babar, M. The root growth of wheat plants, the water conservation and fertility status of sandy soils influenced by plant growth promoting rhizobacteria, *Symbiosis*,2017, 72 (3), 195-205.

Khator, K., Parihar, S., Jasik, J.,Shekhawat, G. S. Nitric oxide in plants: an insight on redox activity and responses toward abiotic stress signaling. *Plant Signaling & Behavior*,2024, *19*(1), 2298053.

Kim, H., Seomun, S., Yoon, Y., Jang, G. Jasmonic acid in plant abiotic stress tolerance and interaction with abscisic acid. *Agronomy*, 2021, *11*(9), 1886.

Kumar, P. ve Dubey, R. Plant growth promoting rhizobacteria for biocontrol of phytopathogens and yield enhancement of Phaseolus vulgaris, *J Curr Pers Appl Microbiol*,2012, 1 (6), 38.

Kumar, S., Kaur, R., Kaur, N., Bhandhari, K., Kaushal, N., Gupta, K., Bains, T. ve Nayyar, H. Heat-stress induced inhibition in growth and chlorosis in mungbean (Phaseolus aureus Roxb.) is partly mitigated by ascorbic acid application and is related to reduction in oxidative stress, *Acta Physiologiae Plantarum*,2011, 33 (6), 2091-2101.

Lata, R., Chowdhury, S., Gond, S. K.,White Jr, J. F. Induction of abiotic stress tolerance in plants by endophytic microbes. *Letters in applied microbiology*,2018, *66*(4), 268-276.

Lee, S., Jung, J., Sung, J., Ha, S., Lee, D., Kim, T. ve Song, B. Responses of nutrient uptake, carbohydrates and antioxidants against low temperature in plants, *Korean Journal of Agricultural Science*,2014, 41 (2), 75-83.

Li, N., Chen, F., Cui, F., Sun, W., Zhang, J., Qian, L., Yang, Y., Wu, D., Dong, Y. ve Jiang, J. Improved postharvest quality and respiratory activity of straw mushroom (Volvariella volvacea) with ultrasound treatment and controlled relative humidity, *Scientia Horticulturae*,2017, 225, 56-64.

Liu, F., Jensen, C. R., Shahanzari, A., Andersen, M. N., Jacobsen, S.-E., ABA regulated stomatal control and photosynthetic water use efficiency of potato (Solanum tuberosum L.) during progressive soil drying, *Plant Science*, 2005, 168 (3), 831-836.

Liu, H., Xiao, C., Qiu, T., Deng, J., Cheng, H., Cong, X., ... Zhang, Y. Selenium regulates antioxidant, photosynthesis, and cell permeability in plants under various abiotic stresses: a review. *Plants*,2022, *12*(1), 44.

Liu, W., Zhang, Y., Jiang, S., Deng, Y., Christie, P., Murray, P. J., Li, X., Zhang, J. Arbuscular mycorrhizal fungi in soil and roots respond differently to phosphorus inputs in an intensively managed calcareous agricultural soil, *Scientific reports*,2016, 6 (1), 1-11.

Loreti, E., van Veen, H. ve Perata, P. Plant responses to flooding stress, *Current opinion in plant biology*, 2016, 33, 64-71.

Lucena, J. J. Effects of bicarbonate, nitrate and other environmental factors on iron deficiency chlorosis. A review, *Journal of Plant Nutrition*,2000, 23 (11-12), 1591-1606.

Ma, Z., Hu, L., & Jiang, W.Understanding AP2/ERF transcription factor responses and tolerance to various abiotic stresses in plants: A comprehensive review. *International Journal of Molecular Sciences*,2024, *25*(2), 893.

Maheshwari, D. K., Saraf, M. ve Aeron, A. Bacteria in agrobiology,2013, *Disease management.*

Mishra, A. K. ve Singh, V. P. A review of drought concepts, *Journal of hydrology*,2010, 391 (1-2), 202-216.

Moldovan, L. ve Moldovan, N. I. Oxygen free radicals and redox biology of organelles, *Histochemistry and cell biology*,2004, 122 (4), 395-412.

Morales-Quintana, L., Waite, J. M., Kalcsits, L., Torres, C. A. ve Ramos, P. Sun injury on apple fruit: Physiological, biochemical and molecular advances, and future challenges, *Scientia Horticulturae*,2020, 260, 108866.

Munns, R. ve Tester, M. Mechanisms of salinity tolerance, *Annu. Rev. Plant Biol.*,2008, 59, 651-681.

Nagoba, B. ve VEDPATHAK, D. V. Medical applications of siderophores–a review, *European Journal of General Medicine*,2011, 8 (3), 230-233.

Narsing Rao, M. P., Lohmaneeratana, K., Bunyoo, C., Thamchaipenet, A. Actinobacteria–plant interactions in alleviating abiotic stress. *Plants*,2022, *11*(21), 2976.

Nascimento, F. X., Rossi, M. J., Soares, C. R., McConkey, B. J. ve Glick, B. R. New insights into 1-aminocyclopropane-1-carboxylate (ACC) deaminase phylogeny, evolution and ecological significance, *PLoS One*, 2014, 9 (6), e99168.

Nautiyal, C. S., Bhadauria, S., Kumar, P., Lal, H., Mondal, R., Verma, D. Stress induced phosphate solubilization in bacteria isolated from alkaline soils, *FEMS microbiology letters*,2000, 182 (2), 291-296.

Neilands, J. Siderophores: structure and function of microbial iron transport compounds, *Journal of Biological Chemistry*,1995, 270 (45), 26723-26726.

Nezhadahmadi, A., Prodhan, Z. H. Faruq, G. Drought tolerance in wheat, *The Scientific World Journal*, 2013.

Nishiuchi, S., Yamauchi, T., Takahashi, H., Kotula, L. Nakazono, M.Mechanisms for coping with submergence and waterlogging in rice, *Rice*,2012, 5 (1), 1-14.

Nıu, G., Davis, T. D. ve Masabni, J. A review of salinity tolerance research in horticultural crops, *Journal of Arid Land Studies*, 2019, 29 (2), 53-59.

Park, C. J., Park, J. M. Endoplasmic reticulum plays a critical role in integrating signals generated by both biotic and abiotic stress in plants. *Frontiers in plant science*, 2019, *10*, 399.

Pieterse, C. M., Leon-Reyes, A., Van der Ent, S., Van Wees, S. C. Networking by small-molecule hormones in plant immunity, *Nature chemical biology*,2009, 5 (5), 308-316.

Pisani, P.Mineral Nutrition Of Higher Plants,1995, Jstor.

Pourrut, B., Shahid, M., Dumat, C., Winterton, P., Pinelli, E. Lead uptake, toxicity, and detoxification in plants, *Reviews of environmental contamination and toxicology,2011, volume 213*, 113-136.

Prisa, D. Plant resistance to abiotic stresses. *International Journal of Science and Research Archive*,2023, *8*(2), 067-073.

Ragel, P., Raddatz, N., Leidi, E. O., Quintero, F. J., Pardo, J. M. Regulation of K+ nutrition in plants, *Frontiers in Plant Science*, 2019,281.

Rahman, A. Auxin: a regulator of cold stress response. *Physiologia plantarum*, 2013. *147*(1), 28-35.

Rane, J., Singh, A. K., Kumar, M., Boraiah, K. M., Meena, K. K., Pradhan, A., Prasad, P. V. The adaptation and tolerance of major cereals and legumes to important abiotic stresses. *International Journal of Molecular Sciences*, 2021, *22*(23), 12970.

Rehman, A. U., Nazir, S., Irshad, R., Tahir, K., ur Rehman, K., Islam, R. U., Wahab, Z. Toxicity of heavy metals in plants and animals and their uptake by magnetic iron oxide nanoparticles, *Journal of Molecular Liquids*, 2021, 321, 114455.

Reis, S. P. D., Lima, A. M., De Souza, C. R. B. Recent molecular advances on downstream plant responses to abiotic stress. *International Journal of Molecular Sciences*, 2012. *13*(7), 8628-8647.

Riyazuddin, R., Verma, R., Singh, K., Nisha, N., Keisham, M., Bhati, K. K., Kim, S. T. ve Gupta, R. Ethylene: A Master Regulator of Salinity Stress Tolerance in Plants, *Biomolecules*, 2020, 10 (6), 959.

Rombolà, A. D., Tagliavini, M. Iron nutrition of fruit tree crops, In: Iron nutrition in plants and rhizospheric microorganisms, 2006, p. 61-83.

Rubin, N., Huleihel, M., Zaccai, M. Stress conditions during plant growth increase the anti-herpetic properties of Lilium candidum leaf extracts and fractions. *Journal of Medicinal Plants Research*, 2015, *9*(37), 954-961.

Rysiak, A., Dresler, S., Hanaka, A., Hawrylak-Nowak, B., Strzemski, M., Kováčik, J., Sowa, I., Latalski, M., Wójciak, M. High temperature alters secondary metabolites and photosynthetic efficiency in Heracleum sosnowskyi, *International journal of molecular sciences*, 2021, 22 (9), 4756.

Salehi-Lisar, S. Y., Bakhshayeshan-Agdam, H. Drought stress in plants: causes, consequences, and tolerance, In: Drought Stress Tolerance in Plants, 2016 , Vol 1, p. 1-16.

Sarkar, J., Chakraborty, B., Chakraborty, U. Plant growth promoting rhizobacteria protect wheat plants against temperature stress through antioxidant signalling and reducing chloroplast and membrane injury, *Journal of Plant Growth Regulation*, 2018, 37 (4), 1396-1412.

Sasidharan, R., Voesenek, L. A. Ethylene-mediated acclimations to flooding stress, *Plant Physiology*, 2015, 169 (1), 3-12.

Schaffer, B., Andersen, P. C. Handbook of environmental physiology of fruit crops. Vol. II: Sub-tropical and tropical crops, CRC Press, Inc., 1994, Boca Raton, FL.

Setiawati, T.C., Mutmainnah, L. Solubilization of potassium containing mineral by microorganisms from sugarcane rhizosphere, *Agriculture and Agricultural Science Procedia*, 2016, 9, 108-117.

Shaikh, S., Wani, S., Sayyed, R, Impact of interactions between rhizosphere and rhizobacteria: a review, *J Bacteriol Mycol*, 2018, 5 (1), 1058.

Shankar, V., Evelin, H. Strategies for reclamation of saline soils, In: Microorganisms in Saline Environments: Strategies and Functions, 2019, p. 439-449.

Sharma, V., Salwan, R., Tawfeeq, L. Molecular aspects of plant beneficial microbes in agriculture, 2020, Academic Press, p.

Shin, W., Islam, R., Benson, A., Joe, M. M., Kim, K., Gopal, S., Samaddar, S., Banerjee, S., Sa, T. Role of diazotrophic bacteria in biological nitrogen fixation and plant growth improvement, *Korean journal of soil science and fertilizer*, 2016, 49 (1), 17-29.

Smith, D. L., Gravel, V., Yergeau, E. Signaling in the Phytomicrobiome, *Frontiers in plant science*, 2017, 8, 611.

Sorrenti, G., Toselli, M., Marangoni, B. Use of compost to manage Fe nutrition of pear trees grown in calcareous soil, *Scientia horticulturae*, 2012, 136, 87-94.

Steduto, P., Faurès, J.-M., Hoogeveen, J., Winpenny, J., Burke, J. Coping with water scarcity: an action framework for agriculture and food security, 2012, *Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations*.

Strimbeck, G. R., Schaberg, P. G., Fossdal, C. G., Schröder, W. P., Kjellsen, T. D. Extreme low temperature tolerance in woody plants, *Frontiers in Plant Science*, 2015, 6, 884.

Subbaiah, C. C., Bush, D. S., Sachs, M. M. Mitochondrial contribution to the anoxic Ca2+ signal in maize suspension-cultured cells, *Plant Physiology*, 1998, 118 (3), 759-771.

Sun, X., Zhu, Z., Zhang, L., Fang, L., Zhang, J., Wang, Q., Li, S., Liang, Z. Xin, H. Overexpression of ethylene response factors VaERF080 and VaERF087 from Vitis amurensis enhances cold tolerance in Arabidopsis, *Scientia Horticulturae*, 2019, 243, 320-326.

Tagliavini, M., Rombola, A. D. Iron deficiency and chlorosis in orchard and vineyard ecosystems, *European Journal of Agronomy*, 2001, 15 (2), 71-92.

Tao, R., Liu, Y., Jing, W. Response and Regulatory Network Analysis of Roots and Stems to Abiotic Stress in Populus trichocarpa. *Forests*, 2022, *13*(8), 1300.

Tardieu, F., Tuberosa, R. Dissection and modelling of abiotic stress tolerance in plants, *Current opinion in plant biology*, 2010, 13 (2), 206-212.

Timmusk, S., Abd El-Daim, I. A., Copolovici, L., Tanilas, T., Kännaste, A., Behers, L., Nevo, E., Seisenbaeva, G., Stenström, E.Niinemets, Ü. Drought-tolerance of wheat improved by rhizosphere bacteria from harsh environments: enhanced biomass production and reduced emissions of stress volatiles, 2014, *Plos one*, 9 (5), e96086.

Toh, S., Imamura, A., Watanabe, A., Nakabayashi, K., Okamoto, M., Jikumaru, Y., Hanada, A., Aso, Y., Ishiyama, K.,Tamura, N. High temperature-induced abscisic acid biosynthesis and its role in the inhibition of gibberellin action in Arabidopsis seeds, *Plant physiology*, 2008, 146 (3), 1368-1385.

Turhan, E., Asgher, M. The contribution of molecular priming to abiotic stress tolerance in plants. *Frontiers in Plant Science*, 2024, *14*, 1352312.

Ullah, A., Mushtaq, H., Fahad, S., Shah, A., Chaudhary, H. Plant growth promoting potential of bacterial endophytes in novel association with Olea ferruginea and Withania coagulans, *Microbiology*, 2017, 86 (1), 119-127.

Umar, O. B., Ranti, L. A., Abdulbaki, A. S., Bola, A. L., Abdulhamid, A. K., Biola, M. R., Victor, K. O. Stresses in plants: Biotic and abiotic. Current trends in wheat research, 2021, 1-8.

Valipour, M., Baninasab, B., Khoshgoftarmanesh, A. H., Gholami, M. Oxidative stress and antioxidant responses to direct and bicarbonate-induced iron deficiency in two quince rootstocks, *Scientia horticulturae*, 2020, 261, 108933.

Voesenek, L. A., Bailey-Serres, J. Flood adaptive traits and processes: an overview, *New Phytologist*, 2015, 206 (1), 57-73.

Wani, P. A., Khan, M., Zaidi, A. Chromium-reducing and plant growth-promoting Mesorhizobium improves chickpea growth in chromium-amended soil, *Biotechnology letters*, 2008a, 30 (1), 159-163.

Wani, P. A., Khan, M., Zaidi, A. Effect of metal-tolerant plant growth-promoting Rhizobium on the performance of pea grown in metal-amended soil, *Archives of Environmental Contamination and Toxicology*, 2008b, 55 (1), 33-42.

Webster, A., Wertheim, S., Tromp, J., Fundamentals of temperate zone tree fruit production, Backhuys, 2005, p.

Wei, Y., Zhao, Y., Fan, Y., Lu, Q., Li, M., Wei, Q., Zhao, Y., Cao, Z., Wei, Z. Impact of phosphate-solubilizing bacteria inoculation methods on phosphorus transformation and long-term utilization in composting, *Bioresource technology*, 2017, 241, 134-141.

Wu, X., Gong, F., Cao, D., Hu, X., Wang, W. Advances in crop proteomics: PTMs of proteins under abiotic stress. *Proteomics*, 2016 ,*16*(5), 847-865.

Yang, J., Kloepper, J. W., Ryu, C.-M. Rhizosphere bacteria help plants tolerate abiotic stress, *Trends in plant science*, 2009, 14 (1), 1-4.

Yashaswini, R., Sagar, S. P., Kuchanur, P. H., Raghavendra, V. C., Prasad, B. K., Amaregouda, A.,Patil, A. Plant Proteome in Response to Abiotic Stresses, 2024.

Yu, T., Ma, X., Zhang, J., Cao, J., Cao, S., Li, W., Yang, G. Progress in Transcriptomics and Metabolomics in Plant Responses to Abiotic Stresses,2024.

Zaidi, A., Khan, M., Ahemad, M., Oves, M. Plant growth promotion by phosphate solubilizing bacteria, *Acta microbiologica et immunologica Hungarica*, 2009, 56 (3), 263-284.

Zhang, F., Jiang, Y., Bai, L., Zhang, L., Chen, L., Li, H., Yin, Y., Yan, W., Yi, Y., Guo, Z. The ICE-CtBF-COR pathway in cold acclimation and AFPs in plants, *Middle East Journal of Scientific Research*, 2011 , 8 (2), 493-498.

Zhang, X., Shabala, S., Koutoulis, A., Shabala, L., Johnson, P., Hayes, D., Nichols, D. S., Zhou, M. Waterlogging tolerance in barley is associated with faster aerenchyma formation in adventitious roots, *Plant and Soil*, 2015, 394 (1), 355-372.

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

TÜKETİCİLER SÜRDÜRÜLEBİLİR KÜLTÜR MANTARINA DAHA FAZLA ÖDEMEYE İSTEKLİ Mİ?

Arş. Gör. Dr. Çağla KART
Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Ekonomisi Bölümü,
cagla.kart@ege.edu.tr - ORCID ID: 0000-0002-9822-9908

Dr. Neşe ADANACIOĞLU
Ege Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü,
nese.adanacioglu@tarimorman.gov.tr- ORCID ID: 0000-0001-9009-8635

Prof. Dr. Hakan ADANACIOĞLU
Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Ekonomisi Bölümü,
hakan.adanacioglu@ege.edu.tr - ORCID ID: 0000-0002-8439-8524

ÖZET

Mantar yetiştiriciliğinde sürdürülebilir üretim uygulamalarının benimsenmesi değişen pazar taleplerinin karşılanması ve çevresel kaygıların giderilmesi açısından önemli görülmektedir. Özellikle sağlıklı beslenme faktörünün tüketicilerin gıda tercihlerinde giderek daha baskın bir rol oynamaya başlaması sürdürülebilir bir şekilde yetiştirilen mantarlara olan talebin artışına yol açması öngörülmektedir. Bununla birlikte, sürdürülebilir uygulamalar ile üretilen yenilenebilir kültür mantarlarına konvansiyonel olanlara göre tüketicilerin ne kadar daha fazla ödeme yapmaya razı olabileceği merak konusudur. Bu çalışmada, "Tüketiciler sürdürülebilir yöntemlerle üretilmiş kültür mantarları için daha fazla ödeme yapmaya istekli mi?" sorusuna yanıt aranmıştır. Tüketicilerin ödeme istekliliğini belirlemek ve davranışlarını doğru analiz etmek, pazar segmentasyonu, yatırım kararları ve rekabet stratejileri açısından önem taşımaktadır. Bu çalışmanın birincil verilerini İzmir ilinin sosyo-ekonomik yönden farklılık gösteren ilçelerinde yaşayan tüketiciler ile yüz yüze gerçekleştirilen anketlerden elde edilen veriler oluşturmaktadır. Bu çalışma kapsamında tüketicilerin konvansiyonel ve sürdürülebilir üretim yöntemleriyle üretilen kültür mantarlarına olan ödeme istekliliği sosyo-ekonomik değişkenler açısından analiz edilmiştir. Tüketicilerin konvansiyonel ve sürdürülebilir üretim yöntemleriyle üretilen kültür mantarlarına olan ödeme istekliliği tobit model kullanılarak belirlenmiştir. Tobit modelde kullanılan değişkenler; tüketicinin yaşı, eğitimi, cinsiyeti, medeni durumu, hane halkının geliri, hanedeki birey sayısı, ürünün satın alınma sıklığı, ürünün satın alınma yeri ve ürün fiyatıdır. Genel olarak değerlendirildiğinde farklı üretim şekillerine göre üretilen 1 kg'lık kültür mantarına olan ödeme istekliliği organik sertifikalı mantar için 4.74 USD, iyi tarım sertifikalı üründe 4.16 USD ve konvansiyonel üründe 3.16 USD olarak hesaplanmıştır.

Anahtar kelimeler: Ödeme istekliliği, kültür mantarı, sürdürülebilir, konvansiyonel

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

ARE CONSUMERS WILLING TO PAY MORE FOR SUSTAINABLE CULTIVATED MUSHROOMS?

ABSTRACT

Adopting sustainable production practices in mushroom cultivation is considered important in terms of meeting changing market demands and eliminating environmental concerns. In particular, it is anticipated that the increasingly dominant role of the healthy nutrition factor in consumers' food preferences will lead to an increase in the demand for sustainably grown mushrooms. However, it is a matter of curiosity how much more consumers will be willing to pay for renewable cultivated mushrooms produced with sustainable practices compared to conventional ones. This study seeks to answer the question, “Are consumers willing to pay more for sustainably produced cultivated mushrooms?” Determining consumers' willingness to pay and analysing their behaviours accurately are important for market segmentation, investment decisions and competitive strategies. The primary data of this study consist of data obtained from face-to-face surveys with consumers living in socio-economically different districts of Izmir province. Within the scope of this study, consumers' willingness to pay for cultivated mushrooms produced by conventional and sustainable production methods was analysed in terms of socio-economic variables. Consumers' willingness to pay for cultivated mushrooms produced by conventional and sustainable production methods was determined using tobit model. The variables used in the Tobit model are age, education, gender, marital status, household income, number of individuals in the household, frequency of product purchase, place of product purchase and product price. In general, the willingness to pay for 1 kg of cultivated mushroom produced according to different production methods was calculated as 4.74 USD for organic certified mushroom, 4.16 USD for good agriculture certified product and 3.16 USD for conventional product.
Keywords: Willingness to pay, cultivated mushrooms, sustainable, conventional

1.GİRİŞ

Yenilebilir mantarlar; yüksek protein içeriği, karbonhidratlar, vitaminler ve minerallerin yanı sıra düşük yağ içeriğine sahip olup, düzenli olarak tüketilen çoğu sebzeye kıyasla daha yüksek protein içeriğine sahiptir. Mantarlar, geleneksel gıda tahılları ve süt ürünleri kadar yaygın olarak tüketilmeseler de ham protein içerikleri çok daha yüksektir (Jayaraman ve ark., 2024).

Son yıllarda dünya genelinde mantar üretimi, özellikle Çin, Hindistan ve Vietnam gibi gelişmekte olan ülkelerin katkılarıyla hızla artmaktadır. Teknolojik gelişmeler, üretim kapasitesinin artmasına ve buna bağlı olarak tüketici taleplerinin çeşitlenmesine olanak sağlamıştır. Bu gelişmeler, dünya genelinde mantar tüketiminin artmasına ve yeni ürünlerin geliştirilmesine zemin hazırlamıştır (Chang, 2006). Yenilebilir mantarlar, 100'den fazla ülkede farklı sistemler ve farklı ölçeklerde ticari olarak yetiştirilmektedir. Küresel düzeyde mantarların üretimi yıllık yaklaşık %7'lik bir büyüme oranıyla artış göstermekte olup, 2026 yılına kadar 20.84 milyon tona ulaşması beklenmektedir. Küresel mantar tüketiminin ise mevcut durumda yaklaşık 12.74 milyon ton olduğu belirtilmektedir. Hem yenilebilir gıdalar olarak kabul edilmesi hem de yüksek protein içeriğine sahip olması nedeniyle mantarların sürdürülebilir üretiminin önemli olduğu vurgulanmaktadır (El-Ramady ve ark., 2022). Mantar endüstrisinde

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

sürdürülebilir üretim uygulamaları benimsenerek hem çevresel endişelere çözüm getirebileceği hem de besin açısından zengin özellikler içeren mantarın talebinin karşılanabileceği ifade edilmektedir. Ayrıca, tüketicilerin yüksek verimli ve güvenilir bir gıda kaynağı olarak mantarların sağlık faydalarını giderek daha fazla takdir ettiği ve bu ürünlerin et ve süt ürünlerine olan bağımlılığı azaltma potansiyeline sahip olduğunu fark etmekte olduğu belirtilmektedir (Cosky, 2023).

Mantar yetiştiriciliğinde sürdürülebilir üretim uygulamalarının benimsenmesi değişen pazar taleplerinin karşılanması ve çevresel kaygıların giderilmesi açısından önemli görülmektedir. Özellikle sağlıklı beslenme faktörünün tüketicilerin gıda tercihlerinde giderek daha baskın bir rol oynamaya başlaması sürdürülebilir bir şekilde yetiştirilen mantarlara olan talebin artışına yol açması öngörülmektedir. Bununla birlikte, sürdürülebilir uygulamalar ile üretilen yenilenebilir kültür mantarlarına konvansiyonel olanlara göre tüketicilerin ne kadar daha fazla ödeme yapmaya razı olabileceği merak konusudur.

Dünya genelinde mantarlarla ilgili birçok çalışma yapılmış olmasına rağmen, tüketicilerin mantar tüketim ve satın alma davranışlarını inceleyen araştırmalar sınırlıdır. Çoğu çalışma mantarların besin içeriği ve sağlık üzerindeki etkilerine odaklanmıştır (Barros ve ark., 2007; Ouzouni ve ark., 2009; Heleno ve ark., 2015; Jiang ve ark., 2023). Dünya'da farklı ülkelerde geçmiş yıllarda yapılan araştırmalara ulaşılmıştır. Örneğin Patterson (2003), çalışmasında katılımcıların %94'ünün beyaz şapkalı mantarları tercih ettiğini bulmuştur. Mayett ve ark. (2006), Meksika'da yaptığı araştırmada, kentli tüketicilerin %49.4'ünün mantar satın almadığını, %50.6'sının ise hoşlanmama (%75.5), farkında olmama (%18.3) gibi nedenlerle satın almadığını belirtmiştir. Hindistan'da yapılan bir çalışmada (Mahantesh ve ark., 2014), renk, fiyat ve şekil gibi faktörlerin tüketicilerin mantar satın alma davranışlarını etkilediği bulunmuştur. Brezilya'da Linde ve ark. (2014), en çok beyaz şapkalı mantarların aroma ve lezzet nedeniyle tercih edildiğini belirtmiştir. Portekiz'de Boin ve Nunes (2018), katılımcıların %81.9'unun mantar tükettiğini ve haftada bir tüketim oranının %41 olduğunu göstermiştir. Beyaz şapkalı mantarlar en çok tüketilen tür olmuştur. Chakrabarti ve ark. (2019), Amerika'da tüketicilerinin çeşitli etiketlerle pazarlanan mantarlar için tercihlerini ve ödeme isteklerini belirlemişlerdir. Chakrabarti ve ark. (2019)'nın çalışmasında elde ettiği sonuçlar, popüler Agaricus ve özel mantarlar için pazarda üç pazarlama segmentini (fiyat/GMO etiketi, yerel/organik yetiştirilmiş ve geleneksel mantar çeşitleri) ortaya koymaktadır. Chakrabarti ve ark. (2019)'nın çalışması, mantarlar uygun şekilde "yerel olarak yetiştirilmiş" veya "organik" olarak etiketlenirse, üreticilerin ve perakendecilerin belirli bir tüketici grubuna yönelik fiyat farkı uygulayabileceklerini göstermiştir. Türkiye'de ise Bursa, Antalya, Iğdır, Trabzon, Kastamonu ve Sivas gibi illerde mantar tüketimine yönelik araştırmalar gerçekleştirilmiştir (Karahan ve ark., 2014; Yılmaz ve ark., 2016). Gürgen ve ark. (2018) da çeşitli uzmanlar görüşünü alarak elde ettikleri verilerle bulanık analitik hiyerarşi süreci (AHP) yöntemini kullanarak tüketicilerin mantar tüketim tercihlerini etkileyen en önemli üç kriterin üretim türü, satın alma yeri ve paketleme olduğu saptamışlardır.

Bu çalışmada, "Tüketiciler sürdürülebilir yöntemlerle üretilmiş kültür mantarları için daha fazla ödeme yapmaya istekli mi?" sorusuna yanıt aranmıştır. İzmir'de yapılan anket çalışmasıyla, tüketicilerin konvansiyonel ve sürdürülebilir yöntemlerle üretilen kültür mantarlarına yönelik ödeme isteklilikleri analiz edilmiştir. Bu çalışma iki ana bölümden oluşmaktadır. Birinci ana

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

bölümde tüketicilerin geleneksel ve sürdürülebilir mantar tüketimini etkileyen faktörler incelenmiştir. İkinci ana bölümde ise konvansiyonel, organik ve iyi tarım uygulamaları olmak üzere üç farklı yetiştiricilik sisteminde üretilen mantarlar için tüketicilerin ödeme istekliliği ortaya konulmuştur.

2.MATERYAL VE YÖNTEM

Bu çalışmanın birincil verileri İzmir ilinin Bornova, Buca, Gaziemir, Karşıyaka ve Menemen ilçelerinde yaşayan tüketiciler ile yüz yüze gerçekleştirilen anketlerden elde edilmiştir. Newbold (1995)'un oransal örnek hacmi formülünün kullanıldığı bu çalışmada %95 güven aralığı, %10 hata payı ile örnek hacmi 97 olarak saptanmış, fakat bazı anketlerdeki verilerin eksik olması nedeniyle gerçekleştirilen analizler 84 anket üzerinden değerlendirilmiştir. Anket çalışması 2016 yılının Aralık ve 2017 yılının Ocak Şubat-Mart aylarında gerçekleştirilmiştir.
Çalışma kapsamında esas olarak tüketicilerin sürdürülebilir ve konvansiyonel olarak üretilen kültür mantarlarına olan ödeme istekliliği araştırılmıştır. Bu çalışmada söz edilen sürdürülebilir yöntemlerle üretilen kültür mantarı kavramı, organik ve iyi tarım uygulamaları (İTU) ile üretilen sertifikalı yenilebilir kültür mantarını kapsamaktadır. İncelenen kültür mantarının türü pazarda yaygın olarak görülen *Agaricus bisporus'*tur.
Ödeme istekliliğini hesaplamak için düzenlenen anket çalışmalarında tüketicilere şartlı değerleme yöntemleri arasında yer alan ne kadar ödemeye istekli oldukları (WTP) veya kabul edebilecekleri ödeme miktarının ne olduğu (WTA) sorulmakta, karşılığı olarak ve amaca yönelik veriler elde edilmektedir. Çalışmada fiyat tekliflerin hazırlanmasında ve modelin tahmininde Lopez-Feldman (2013), Wu vd., (2011) tarafında önerilen yöntem izlenmiştir. Yöntem belirli bir fiyat ya da ücret aralığında her anket için rastgele olarak sorulmakta ve bu fiyat düzeyleri için tepkileri ölçülmektedir.
İncelenen kültür mantarının 2017 yılında İzmir ilinde perakende fiyatları 2.75 ile 5.49 USD arasında değişiklik göstermektedir. Bu fiyat aralığı ödeme istekliliğini ölçmek için Excel paket programında 2.75 ile 5.49 USD arasında fiyat düzeyleri rastgele olarak her anket için ayrı ayrı türetilmiştir. Bu fiyat düzeyleri için tüketicilerin satın almak istedikleri mantar miktarları sorulmuştur. Genel olarak literatürde ödeme istekliliğinde, miktar olmaksızın, ürünün satın alınması veya tüketilmesi durumu logit veya probit model ile analiz edilmektedir (Noor vd. 2010). Ancak çalışmada tüketicilerin ne kadar tüketmek istedikleri de incelenmiştir. Tüketiciler bazı fiyatlar için mantar tüketmek istememektedir. Dolayısıyla bağımlı değişken olan satın alınan miktarda sıfır değeri gözlemlenmiştir. Bağımlı değişkenin sıfırdan büyük ve sürekli olduğu durumlarda Nobel ödüllü James Tobin (1973) tarafından geliştirilen Tobit model kullanılmaktadır (Gujarati, 2006).
Tobit model (Carson ve Sun, 2007) ;
$y = 0$ eğer $y * \leq 0$ ise,
$y = y *$ eğer $y * > 0$ *ise*.
$y * = \beta' xi + ui$ şeklinde ifade edilir. X bağımsız değişkenler vektörünü, β tahmin edilecek parametre vektörünü gösterir. Tobit model tahmin edildikten sonra fiyat değişkeni kullanılarak ödeme istekliliği hesaplanabilmektedir.
Ödeme İstekliliği (zi, ui) = ziβ + ei
Burada z bağımsız değişkenler vektörünü, β ise tahmin edilecek parametreleri gösterir.

Konvansiyonel, organik ve iyi tarım sertifikalı kültür mantarı için kurulan tobit regresyon modellerine dahil edilen değişkenler ve açıklamaları ayrıntılı olarak Çizelge 1'de verilmiştir. Modellerdeki bağımlı değişken hane halkı başına talep edilen konvansiyonel/ organik/ iyi tarım sertifikalı mantar miktarını göstermektedir. Modellerdeki açıklayıcı değişkenler ise; yaş grubu, eğitim, cinsiyet, medeni durum, hane halkı büyüklüğü, satın alma sıklığı, fiyat ve satın alma yeri olarak belirtilebilir. Fiyat sertifikalı mantar için tüketicilerin ödemeye istekli olduğu fiyat tutarını belirlemek amacıyla ankete katılanlara sunulan farklı fiyat düzeylerini göstermektedir.

Çizelge 1. Tobit modelde kullanılan değişkenler ve açıklamaları

Konvansiyonel		**Organik**		**İyi tarım**	
Tüketim -Sürekli (kilogram), (Bağımlı Değişken)					
Değişken ismi	**Açıklama**	**Değişken ismi**	**Açıklama**	**Değişken ismi**	**Açıklama**
Yaş grubu (kesikli)	1:35 yaş altı (referans grup) 2:36-50 yaş arası 3:50 yaş üstü	Yaş grubu (kesikli)	1:35 yaş altı (referans grup) 2:36-50 yaş arası 3:50 yaş üstü	Yaş grubu (kesikli)	1:30 yaş altı 2:40 yaş altı 3:50 yaş altı 4:51 yaş ve üzeri
Eğitim	Sürekli (Yıl)	Eğitim grubu (kesikli)	1:lise ve altı (referans grup) 2:12 yıl üstü	Eğitim grubu (kesikli)	1:lise ve altı (referans grup) 2:12 yıl üstü
Cinsiyet (kesikli)	1: Erkek 0: Kadın	Cinsiyet (kesikli)	1: Erkek 0: Kadın	Cinsiyet (kesikli)	1: Erkek 0: Kadın
Medeni Durum (kesikli)	1: Evli 0: Diğer	Medeni Durum (kesikli)	1: Evli 0: Diğer	Medeni Durum (kesikli)	1: Evli 0: Diğer
Hane halkı grubu (kesikli)	1:1 kişilik aile (referans grup) 2:2 kişilik aile 3:3-4 kişilik aile 4:5 kişiden kalabalık aile	Hane halkı grubu (kesikli)	1:1 kişilik aile (referans grup) 2:2 kişilik aile 3:3-4 kişilik aile 4:5 kişiden kalabalık aile	Hane halkı büyüklüğü	Sürekli (kişi)
Satın alma sıklığı (cf)(kesikli)	1:Haftada bir kez 0:Daha seyrek	Satın alma sıklığı (cf)(kesikli)	1:Haftada bir kez 0:Daha seyrek	Satın alma sıklığı (cf)(kesikli)	1:Haftada bir kez 0:Daha seyrek
Fiyat	Sürekli (USD)	Fiyat	Sürekli (USD)	Fiyat	Sürekli (USD)
				Satın alma yeri (pp)(kesikli)	1: semt/üretici pazarı 0: Diğer

3.ARAŞTIRMA BULGULARI

3.1.Tanımlayıcı istatistikler

Çizelge 2'de tobit modellerde kullanılan değişkenlerin tanımlayıcı istatistikleri gösterilmiştir. Hane halkı başına talep edilen ortalama mantar tüketim miktarı konvansiyonel üretimde 353 gram; organik sertifikalıda 749 gram ve iyi tarım sertifikalı da 0.603 gram'dır. Kibar (2015) tarafından Iğdır ilinde yapılan araştırmada kişi başına aylık ortalama mantar tüketimi 324.3 g olarak belirlenmiştir. Özçatalbaş (2012)'nin çalışmasında ise Türkiye'de kişi başı yıllık mantar tüketimi 900 gram, Kahramanmaraş ilinde yürütülen bir başka araştırmada ise aylık kişi başı mantar tüketimi 418 gram (Paksoy ve Aksüt, 2012), Uysal (2014)'ün araştırmasında ise kişi başı mantar tüketimi 560 gram olarak belirlenmiştir.

Fiyattaki değişimin farklı üretim uygulamalarıyla üretilen mantarların talebi üzerindeki etkisi model tahminlerinde gösterilmiştir. Mantar için teklif fiyatları 2.75 ile 5.49 USD / kg arasında değişmektedir. Ortalama 1 kg mantar fiyatı 3.948 USD olarak hesaplanmıştır.

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

Çizelge 2. Tobit model değişkenlerine ait tanımlayıcı istatistikler

Değişken	Ort.	Std. sap.	Min.	Maks.
Konvansiyonel mantar				
tuketim	0.3530	0.6207	0.000	5.000
fiyat	3.948	1.015	2.750	5.490
ageg	1.917	0.7911	1.000	3.000
gender	0.3929	0.4891	0.000	1.000
education	12.32	4.218	5.000	22.000
marital	0.6667	0.4721	0.000	1.000
hhsizeg	2.762	0.7350	1.000	4.000
cf	0.2857	0.4524	0.000	1.000
Organik mantar				
tuketim	0.749	0.9824	0.000	6.000
fiyat	3.948	1.015	2.750	5.490
ageg	1.988	0.8249	1.000	3.000
gender	0.3929	0.4891	0.000	1.000
edug2	1.643	0.4799	1.000	2.000
marital	0.6667	0.4721	0.000	1.000
hhsizeg	2.762	0.7350	1.000	4.000
cf	0.286	0.4524	0.000	1.000
İyi tarım uygulamaları				
tuketim	0.603	0.8596	0.000	5.000
fiyat	3.948	1.015	2.750	5.490
ageg2	2.690	1.135	1.000	4.000
gender	0.393	0.4891	0.000	1.000
edug2	1.643	0.4799	1.000	2.000
marital	0.667	0.4721	0.000	1.000
hhsize	3.202	1.195	1.000	7.000
cf	0.286	0.4524	0.000	1.000
pp	0.810	0.3933	0.000	1.000

3.2.Tüketicilerin geleneksel ve sürdürülebilir mantar tüketimini etkileyen faktörler

Tüketicilerin tobit modeline göre geleneksel mantar tüketimini etkileyen faktörler Çizelge 3'te verilmiştir. Ürün fiyatı, medeni durum, eğitim süresi, hane halkı büyüklüğü ve yaş ile geleneksel mantar tüketimi arasında anlamlı bir ilişki belirlenmiştir. Geleneksel mantar fiyatının bir birim artması öngörülen tüketim miktarını 0.708428 birim azaltmaktadır. Hane halkı grubunun bir birim artması tüketim miktarını 0.317312 birim, tüketicinin evli olması tüketimi 0.345420 birim, eğitim süresinin bir birim artması geleneksel mantar tüketimini 0.0525025 birim azalttığı belirlenmiştir. Uysal (2014) tarafından Antalya ilinde yürütülen tez çalışmasında da benzer sonuçlara ulaşılmıştır, hanedeki birey sayısı ile mantar tüketimi arasında doğrusal bir ilişki belirlenmiştir. Eğitim süresinin tüketimi azaltması bireylerin mantarın güvenilirliğinden emin olmadan tüketimden kaçınması olarak açıklanabilir. Yaşın artması da geleneksel mantar tüketimini pozitif yönlü etkilediği tespit edilmiştir. Yaş grubunun bir birim yükselmesi geleneksel mantar tüketimini 0.232766 birim arttırmaktadır. Davidson ve ark.

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

(2024) tarafından yapılan araştırmada yerel üretilmiş mantarlara olan ödeme istekliliğini yaşın pozitif yönlü etkilediğini sonucuna ulaşılmıştır. Boin and Nunes (2018) tarafından Portekiz'de yapılan araştırmada da eğitim düzeyi, cinsiyet ve yaşın kültür mantarı tüketiminde etkili olduğu belirtilmiştir.

Çizelge 3. Geleneksel mantar tüketimini etkileyen faktörlerin tobit modeli ile belirlenmesi

	Coefficient	*Std. Error*	*Z*	*p-value*	
const	3.54554	0.663153	5.346	<0.0001	***
fiyat	−0.708428	0.0975126	−7.265	<0.0001	***
gender	−0.0447644	0.189968	−0.2356	0.8137	
marital	−0.345420	0.205076	−1.684	0.0921	*
education	−0.0525025	0.0229756	−2.285	0.0223	**
cf	0.177479	0.210896	0.8416	0.4000	
hhsizeg	−0.317312	0.115916	−2.737	0.0062	***
ageg	0.232766	0.120397	1.933	0.0532	*
Chi-square(7)	64.50563		p-value	1.89e-11	
Log-likelihood	−286.4029		Akaike criterion	590.8058	
Schwarz criterion	625.1598		Hannan-Quinn	604.5003	

*p<0.10 düzeyinde; **p<0.05 düzeyinde; ***p<0.01 düzeyinde istatistiki olarak anlamladır.

Tüketicilerin tobit modeline göre organik mantar tüketimini etkileyen faktörler Çizelge 4'de verilmiştir. Eğitim grubu ve satın alma sıklığı ile organik sertifikalı mantar tüketimi arasında pozitif yönlü ve anlamlı bir ilişki belirlenmiştir. Organik mantar fiyatının bir birim artması öngörülen tüketim miktarını 0.700043 birim azaltmaktadır. Organik mantar tüketiminde eğitim düzeyinin bir birim artması tüketim miktarını 0.330221 birim, haftada bir kez ve daha fazla mantar satın almanın öngörülen tüketimde 0.473086 birimlik artışa neden olduğu belirlenmiştir.

Çizelge 4. Organik mantar tüketimini etkileyen faktörlerin tobit modeli ile belirlenmesi

	Coefficient	*Std. Error*	*Z*	*p-value*	
const	2.64689	0.650025	4.072	<0.0001	***
fiyat	−0.700043	0.0868902	−8.057	<0.0001	***
gender	−0.0889318	0.191711	−0.4639	0.6427	
marital	−0.158954	0.203326	−0.7818	0.4343	
edug2	0.330221	0.198073	1.667	0.0955	*
hhsizeg	−0.115714	0.113074	−1.023	0.3061	
cf	0.473086	0.214885	2.202	0.0277	**
ageg	0.0752126	0.115085	0.6535	0.5134	
Chi-square(7)	72.44594		p-value	4.73e-13	
Log-likelihood	−424.9212		Akaike criterion	867.8425	
Schwarz criterion	902.1965		Hannan-Quinn	881.5369	

*p<0.10 düzeyinde; **p<0.05 düzeyinde; ***p<0.01 düzeyinde istatistiki olarak anlamladır.

Tüketicilerin iyi tarım sertifikalı kültür mantarını tüketimin etkileyen faktörleri belirlemek için kurulan tobit model sonuçları Çizelge 5'de verilmiştir. Ürün fiyatı, tüketicinin eğitim düzeyi, satın alma sıklığı ve hane halkı büyüklüğünün tüketicilerin iyi tarım sertifikalı kültür mantarı tüketimini etkilediği belirlenmiştir. Eğitim düzeyi ve satın alma sıklığı tüketicilerin tüketim

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

skorunu artırmaktadır. Eğitim grubundaki bir birimlik artış tüketimi 0.386067 birim, haftada bir kez ve daha fazla satın alma 0.361740 birim artışa neden olmaktadır. Ürün fiyatındaki bir birimlik artış iyi tarım sertifikalı mantar tüketimini 0.769921 birim, hane halkına bir kişinin eklenmesi 0.0865835 birim azaltmaktadır.

Çizelge 5. İyi tarım uygulamalı sertifikalı mantar tüketimini etkileyen faktörlerin tobit modeli ile belirlenmesi

	Coefficient	*Std. Error*	*Z*	*p-value*	
const	2.83543	0.634554	4.468	<0.0001	***
fiyat	−0.769921	0.0918092	−8.386	<0.0001	***
gender	0.181673	0.186358	0.9749	0.3296	
marital	−0.254516	0.206263	−1.234	0.2172	
edug2	0.386067	0.199413	1.936	0.0529	*
cf	0.361740	0.214130	1.689	0.0912	*
pp	0.168516	0.215582	0.7817	0.4344	
hhsize	−0.115962	0.0689949	−1.681	0.0928	*
ageg2	−0.0865835	0.0833875	−1.038	0.2991	
Chi-square(8)	79.27944		p-value	6.83e-14	
Log-likelihood	−374.7752		Akaike criterion	769.5504	
Schwarz criterion	807.7216		Hannan-Quinn	784.7665	

*p<0.10 düzeyinde; ***p<0.01 düzeyinde istatistiki olarak anlamladır.

3.3.Farklı koşullarda üretilen mantarlar için tüketicilerin ödeme istekliliğinin belirlenmesi

Tobit modelde anlamlı olan değişkenler için ödeme istekliliği (WTP) hesaplanmaktadır. Farklı üretim koşullarında üretilen mantarlar için tüketicilerin ödeme istekliliği hesaplanmıştır. Modelde kullanılan değişkenlerin, ödeme istekliliğine etkisi incelendiğinde, 1 kg konvansiyonel mantar için ödeme istekliliğini medeni durumun, eğitim düzeyinin ve hane halkı genişliğinin azalttığı görülmüştür. Ayrıca, yaşın artmasının daha fazla ödeme istekliliğinde olduğu belirlenmiştir. Söz konusu değişkenlerin ödeme istekliliği üzerindeki etkisi incelendiğinde; tüketicinin evli olmasının 0.48 USD, eğitim süresinin artmasının 0.07 USD ve hanedeki ilave birey sayısının 0.44 USD ödeme istekliliğini düşürdüğü belirlenmiştir. Yaşın ise geleneksel kültür mantarında ödeme istekliliğini 0.32 USD arttırdığı hesaplanmıştır. Diğer bir ifade ile geleneksel kültür mantarına daha yaşlı bireylerin ekstra ödeme yapmak için istekli oldukları yönünde bir sonuç çıkmıştır. Diğer sonuçlarla birleştirildiğinde; bekâr, düşük eğitime sahip, küçük hanelerin ve yaşlı bireylerin geleneksel kültür mantarına daha çok ödeme yapabilecekleri ortaya konulmuştur. Mantarın kolay ve hızlı pişirilebilen bir gıda olmasının böyle bir tüketici profilinin ortaya çıkmasında etkili olduğu değerlendirilmektedir.

Çizelge 6. Geleneksel mantar tüketiminde ödeme istekliliğinin belirlenmesi

	marital	education	hhsizeg	Ageg
Ödeme istekliliği (WTP)	-0.48759	-0.07411	-0.44791	0.328567
Alt aralık	-1.05853	-0.13932	-0.78237	-0.00838
Üst aralık	0.083354	-0.0089	-0.11345	0.665518

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

Tobit modelinde kullanılan değişkenlerin, ödeme istekliliğine etkisi incelendiğinde;1 kg organik mantar için ödeme istekliliğine eğitim düzeyinin ve satın alma sıklığının ödeme istekliliğini arttırdığı görülmüştür. Söz konusu değişkenlerin ödeme istekliliği üzerindeki etkisi incelendiğinde; tüketicilerin lise üstü bir eğitime sahip olmasının 0.48 USD ve haftada bir kereden fazla satın alma sıklığının 0.67 USD ödeme istekliliğini arttırdığı saptanmıştır (Çizelge 7).

Çizelge 7. Organik mantar tüketiminde ödeme istekliliğinin belirlenmesi

Tüketim	edug2	cf
Ödeme İstekliliği	0.4717159	0.67579655
Alt aralık	-0.09115372	0.05665923
Üst aralık	1.0345855	1.2949339

Modelde kullanılan değişkenlerin, iyi tarım uygulamaları ile üretilen sertifikalı kültür mantarı için ödeme istekliliğine etkisi incelendiğinde; eğitim düzeyinin ve satın alma sıklığının 1 kg iyi tarım sertifikalı kültür mantar için ödeme istekliliğini arttırdığı görülmüştür. Diğer yandan, hane büyüklüğünün artmasının ödeme istekliliğinin azalmasına neden olduğu belirlenmiştir. Söz konusu değişkenlerin ödeme istekliliği üzerindeki etkisi incelendiğinde; 12 yıl eğitime sahip tüketicilerin 0.50 USD ve haftada bir kereden fazla satın alma sıklığının 0.47 USD ödeme istekliliğini arttırdığı belirlenmiştir. Hane büyüklüğünün ise iyi tarım sertifikalı kültür mantarında ödeme istekliliğini 0.15 USD azalttığı hesaplanmıştır. Diğer bir ifade ile iyi tarım sertifikalı kültür mantarına organik tarımdan farklı olarak daha küçük ailelerin ekstra ödeme yapmak için istekli oldukları yönünde bir sonuç çıkmıştır (Çizelge 8).

Çizelge 8. İyi tarım sertifikalı mantar tüketiminde ödeme istekliliğinin belirlenmesi

Tüketim	edug2	cf	hhsize
Ödeme İstekliliği	.50143697	.46984005	-.15061556
Alt aralık	-.01436169	-.08277226	-0.32824656
Üst aralık	1.0172356	1.0224524	0.02701545

Genel olarak değerlendirildiğinde 1 kg farklı üretim şekillerine göre üretilen mantarlara olan ödeme istekliliği organik üretimde 4.74 USD, iyi tarım sertifikalı ürünlerde 4.16 USD ve konvansiyonel ürünlerde 3.16 USD hesaplanmıştır. Chakrabarti ve ark. (2019) tarafından yapılan bir araştırmanın bulguları da bu sonucu desteklemektedir. Nitekim, ilgili araştırma sonucunda "Etiketleme Odaklı Grup" olarak tanımlanan tüketicilerin "organik" etiketi bulunan mantarlar için daha fazla ödeme yapmaya istekli olduğu saptanmıştır. Söz konusu araştırmanın bulgularında bu tüketici grubunun 8 oz. (226.8 gr) ağırlığındaki "organik" etiketli mantarlar için 1.40 USD daha fazla ödemeye istekli olduğu belirtilmektedir. Meixner ve ark. (2024) ise Avusturya'da yürüttükleri araştırmalarından, bitki bazlı et alternatiflerine (PBMA'lar) yönelik tüketici davranışlarını ve ödeme istekliliğini (WTP), vegan hamburger köftesi örneği ile incelemeyi amaçlamışlardır. Söz konusu çalışmada PBMA özelliklerinin Gen Z olarak bilinen Z Kuşağı için önemi değerlendirilmiş ve Z Kuşağının belirli PBMA özellik seviyeleri için ödeme istekliliği tahmin edilmiştir. Çalışmadaki bulgulara göre; Z Kuşağı, yerli ve AB kaynaklı ürünleri olumlu bir şekilde değerlendirmekte, üçüncü ülke ithalatına karşı olumsuz bir tutum

sergilemekte ve organik üretimi pozitif bir yarar değeriyle ilişkilendirmektedir. Çalışmada uygulanan Seçim Tabanlı Konjoint Analizi sonuçlarına göre, genç tüketicileri temsil eden Z kuşağı tüketicilerinin vegan hamburger köftesi içinde bitki bazlı et alternatifleri içinde mantara 0.30 EUR, organik üretim metoduna 0.39 EUR, menşe ülkesinin Avusturya olmasına 2.28 EUR ve ürünün yağ içeriğinin %15 olmasına 0.18 EUR daha fazla ödeme yapmaya istekli olduğu tespit edilmiştir.

Çizelge 9. Farklı üretim koşullarında üretilen mantarların ödeme istekliliğinin karşılaştırılması

Tüketim	Katsayı	Std.Hata	Z	P>IzI	%95 güven aralığı	
İTU ödeme istekliliği	4.158	0.352	11.800	0.000	3.468	4.849
Organik ödeme istekliliği	4.749	0.542	8.750	0.000	3.686	5.812
Konvansiyonel ödeme istekliliği	3.159	0.203	15.550	0.000	2.761	3.557

4.SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışma sonucunda tüketicilerin sürdürülebilir üretimle üretilmiş kültür mantarlarına daha yüksek ödeme yapmaya istekli oldukları, özellikle organik mantarlar için ödeme istekliliğinin daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Geleneksel yöntemlerle üretilen mantar fiyatına ödeme istekliliğinin 3.16 USD olduğu göz önüne alındığında, tüketicilerin iyi tarım sertifikalı kültür mantarına yaklaşık %32 ve organik sertifikalı kültür mantarına %50 daha fazla ödemeye istekli oldukları sonucuna ulaşılmıştır. Elde edilen bu bulgular tüketicilerin sağlıklı beslenmeye önem verdiğini ortaya koymakta ve uygun koşulların oluşması durumunda sürdürülebilir kültür mantarına olan taleplerinin artabileceğini göstermektedir.

Tüketicilerin sürdürülebilir yöntemler ile üretilen kültür mantarına geleneksel yöntemler ile üretilenlere göre daha yüksek ödeme istekliliği içinde olması sürdürülebilir mantar tüketiminin artması için bir fırsat olarak görülebilir. Bununla birlikte, Türkiye'de sürdürülebilirlik etiketi altında satılan kültür mantarının pazarda arzının az olduğu, tüm dağıtım noktalarında bulunmadığı, bu nedenle tüketicilerin bu tür ürünlere erişiminin kısıtlı olduğu görülmektedir. Bu durum tüketicilerin sürdürülebilir etiketli kültür mantarına olan yüksek ödeme istekliliği ile bir paradoks oluşturmaktadır. Bu kapsamda tüketicilerin sağlıklı beslenmeye olan artan ilgisini dikkate alarak ve sürdürülebilir kalkınma hedefleriyle uyumlu olarak Türkiye'deki kültür mantarı arz zincirinde yer alan üreticilerin ve firmaların sürdürülebilirlik sertifikaları ile pazara ürün arz etmeleri ve sertifikalı ürünlerin beslenme ve çevresel faydaları konusunda tüketicilerde farkındalık yaratılmasına yönelik programlara ihtiyaç bulunmaktadır.

KAYNAKÇA

Barros, L., Baptista, P., Correia, D. M., Casal, S., Oliveira, B., Ferreira, I. C. Fatty Acid and Sugar Compositions, and Nutritional Value of Five Wild Edible Mushrooms From Northeast Portugal, Food Chemistry, 105, 1, 2007.

Boin, E.; Nunes, J. Mushroom Consumption Behavior and Influencing Factors in a Sample of the Portuguese Population. J. Int. Food Agribus. Mark. 30, 2018.

Carson, R.T., Sun, Y. The Tobit Model With A Non-Zero Threshold. The Econometrics Journal, 10, 3, 2007.

Chakrabarti, A., Campbell, B. L., Shonkwiler, V. Eliciting Consumer Preference and Willingness to Pay for Mushrooms: A Latent Class Approach. Journal of Food Distribution Research, 50, 1, 2019.

Chang, S. The World Mushroom Industry: Trends and Technological Development. International Journal of Medicinal Mushrooms, 8, 4, 2006.

Cosky, T. *Mushroom Sustainability: Cultivation, Benefits and Market Growth,* https://www.funguygrowsupply.com/ (Erişim: 30.12.2024).

Davidson, K. A., Khanal, B., Messer, K. D. Are Consumers No Longer Willing to Pay More for Local Foods? A Field Experiments. Agricultural and Resource Economics Review, 53, 2024.

El-Ramady, H., Abdalla, N., Badgar, K., Llanaj, X., Törős, G., Hajdú, P., Eid, Y., Prokisch, J. Edible Mushrooms for Sustainable and Healthy Human Food: Nutritional and Medicinal Attributes. Sustainability, 14, 9, 2022.

Gujarati, D.N., *Basic Econometrics*, McGraw-Hill, 2006.

Gürgen, A., Yıldız, S., Yıldız, Ü. C. Determination of Mushroom Consumption Preferences by Using Fuzzy Analytic Hierarchy Process. Eurasian Journal of Forest Science, 6, 3, 2018.

Heleno, S. A., Ferreira, R. C., Antonio, A. L., Queiroz, M. J. R., Barros, L., Ferreira, I. C.. Nutritional Value, Bioactive Compounds and Antioxidant Properties of Three Edible Mushrooms From Poland. Food Bioscience, 11, 2015.

Jayaraman, S., Yadav, B., Dalal, R.C., Naorem, A., Sinha,N.K., Srinivasa Rao, Ch., Dang, Y.P., Patra, A.K., Datta, S.P., Subba Rao, A. Mushroom Farming: A Review Focusing on Soil Health, Nutritional Security and Environmental Sustainability. Farming System, 2, 3, 2024.

Jiang, C., Duan, X., Lin, L., Wu, W., Li, X., Zeng, Z., Luo, Q., Liu, Y. A Review on The Edible Mushroom as a Source of Special Flavor: Flavor Categories, Influencing Factors, and Challenges. Food Frontiers, 4, 2023.

Karahan, H., Başdar, C., Gürbüz, İ.B. *Doğada Kendiliğinden Yetişen Mantarların Aile İçi Öztüketimdeki Yerinin Saptanması ve Gelir Arttırmadaki Rolü*, XI. Ulusal Tarım Ekonomisi Kongresi, Samsun, 2014.

Kibar, B. Iğdır İli Mantar Tüketim Alışkanlıklarının Belirlenmesi, Iğdır Üni. Fen Bilimleri Enst. Der., 5, 4, 2015.

Linde, G. A., Nunes, T. A. R., Raimundo, J. R., Domingues, G., Figueiredo, E., Santin, K., … Colauto, N. B. *Mushroom Acceptability and Consumption Intention for the Main Mushrooms Produced in Brazil*. Proceedings of the 8th International Conference on Mushroom Biology and Mushroom Products: Directorate of Mushroom Research Solan and Mushroom Society of India, 627–632, 2014.

Lopez-Feldman, A. Introduction to Contingent Valuation Using Stata, MPRA Paper No. 41018, University Library of Munich, Germany, 2012.

Mahantesh, S., Ahlawat, O. P., Manikandan, K. Mushroom Consumption and Purchasing Behaviour in India: A Study Among Selected Respondents. Mushroom Research, 23, 2, 2014.

Mayett, Y., Martínez-Carrera, D., Sinchez, M., Macías, A., Moraaf, S., Estrada-Torres, A. Consumption Trends of Edible Mushrooms in Developing Countries: The Case of Mexico. Journal of International Food & Agribusiness Marketing, 18, 1–2, 2006.

Meixner, O., Malleier, M., Haas, R. Towards Sustainable Eating Habits of Generation Z: Perception of and Willingness to Pay for Plant-Based Meat Alternatives, Sustainability, 16, 8, 2024.

Newbold, P. Statistics for Business and Economics, Prentice-Hall International, New Jersey, 1995.

Noor, J., Siddiqi, W., Muhammad, T. Estimation of Willingness to Pay for Improvements in Drinking Water Quality in Lahore: A Case Study of WASA, Lahore, MPRA Paper No. 53763, 2010.

Ouzouni, P. K., Petridis, D., Koller, W. D., Riganakos, K. A. Nutritional Value and Metal Content of Wild Edible Mushrooms Collected from West Macedonia and Epirus, Greece. Food Chemistry, 115, 4, 2009.

Özçatalbaş, O., Kültür Mantarı Üretim Sektörü ve Korkuteli Üzerine Bir Değerlendirme, Antalya Ticaret Borsası Borsanomi Dergisi, 2012.

Paksoy, M., Aksüt, M. *Mantar Tüketimi ve Tüketim Alışkanlıklarının Belirlenmesi: Kahramanmaraş İli Örneği*, IX. Türkiye Yemeklik Mantar Kongresi, 173-183, Denizli, 2012.

Patterson, P. M. Mushroom Buyers: A Segmentation Analysis Report For Mushroom Council, Arizona State University, 2003.

Tobin, J. Estimation of Relationships for Limited Dependent Variables. Econometrica, 26, 1, 1958.

Uysal, E. *Türkiye'de Mantar Piyasası ve Hane halkı Mantar Tüketim Davranışları (Antalya İli Kentsel Alan Örneği).* Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tokat, 2014.

Wu, T., Kim, Y.S., Hurteau, M.D. Investing in Natural Capital: Using Economic Incentives to Overcome Barriers to Forest Restoration. Restoration Ecology, 19, 4, 2011.

Yılmaz, A., Yıldız, S., Yıldırım, İ., Aydın, A. Trabzon'da Mantar Tüketimi ve Tüketim Alışkanlıklarının Belirlenmesi, Mantar Dergisi, 7, 2, 2016.

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

LABORATUVAR TEKNOLOJİSİ PROGRAMI ÖĞRENCİLERİNE TIBBİ BİYOKİMYA CİHAZLARI İLE İLGİLİ UYGULAMALI EĞİTİMİ

Dr. Öğr. Üyesi Melek GÖKMEN KARAKAYA
Uşak Üniversitesi
melek.karakaya@usak.edu.tr - 0000-0001-7178-6790

ÖZET

Hastanelerde biyokimya testleri, vücuttaki kimyasal süreçleri inceleyerek sağlık durumunu değerlendirmek amacıyla yapılır. Bu testler, kan, idrar ve diğer biyolojik örneklerden elde edilen verilerle organ fonksiyonları, metabolik durum, hastalıkların tanısı ve tedavi sürecinin izlenmesi hakkında değerli bilgiler sunar. Biyokimya laboratuvarı test sonuçları, hastaların doğru tanı alması, tedavi süreçlerinin yönlendirilmesi ve tedaviye verilen yanıtların izlenmesi açısından kritik bir rol oynar. Bu testler, vücutta gerçekleşen biyokimyasal olayları yansıtarak doktorların hastalıkları daha doğru ve etkin bir şekilde teşhis etmelerine yardımcı olur. Aynı zamanda, bireylerin sağlık durumunu doğru bir biçimde değerlendirmeye, hastalıkları erken dönemde tanımlamaya, tedavi sürecini izlemeye ve olası sağlık risklerini yönetmeye olanak tanır. Bu çalışmada, Uşak Üniversitesi Banaz Meslek Yüksekokulu Kimya ve Kimyasal İşleme Teknolojileri Bölümü Laboratuvar Teknolojisi Programı öğrencilerine, Banaz Devlet Hastanesi'nde Tıbbi Biyokimya alanında uzman doktor tarafından biyokimya laboratuvarındaki cihazlar ve bu cihazların kullanımı hakkında uygulamalı eğitim verilmiştir. Eğitim, otomatik pipet (pipetleme), ABL80 FLEX CO-OX analiz cihazı, Nüve santrifüj cihazı, Swelab Alfa hematoloji analizörü, Qtest-500B idrar analiz cihazı, ARCHITECH c8000 klinik biyokimya analiz cihazı ve mikroskop gibi cihazların kullanımı ve bu cihazlarla yapılan analizler üzerine odaklanmıştır. Eğitim sonrasında, katılımcı öğrencilerimize, kurumumuzun kalite yönetim sistemi çerçevesinde etkinlik değerlendirme anketi uygulanmıştır. Öğrenciler, etkinliğin amacına ulaştığını, yapılan çalışmanın kariyerleri için önemli olduğunu, verilen sürenin yeterli olduğunu ve benzer etkinliklerin daha fazla düzenlenmesi istediklerini ifade etmişlerdir.

Anahtar Kelimeler: Tıbbi biyokimya, biyokimya testleri, laboratuvar teknolojisi programı, biyokimya cihazları, uygulamalı eğitim.

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

PRACTICAL TRAINING OF LABORATORY TECHNOLOGY PROGRAM STUDENTS ON MEDICAL BIOCHEMISTRY DEVICES

ABSTRACT

Biochemistry tests in hospitals are performed to evaluate health status by examining the chemical processes in the body. These tests provide valuable information about organ functions, metabolic status, disease diagnosis, and the monitoring of treatment processes using data obtained from blood, urine, and other biological samples. Biochemistry laboratory test results play a critical role in ensuring that patients receive accurate diagnoses, guiding treatment processes, and tracking responses to treatment. These tests help doctors diagnose diseases more accurately and effectively by reflecting the biochemical events occurring in the body. They also enable the accurate assessment of an individual's health status, early detection of diseases, monitoring of the treatment process, and management of potential health risks. In this study, students from the Laboratory Technology Program of the Department of Chemistry and Chemical Processing Technologies at Uşak University's Banaz Vocational School were provided with practical training on biochemistry laboratory devices and their use by a specialist doctor in the field of Medical Biochemistry at Banaz State Hospital. The training focused on the use of various devices, including the automatic pipette (pipetting), ABL80 FLEX CO-OX analyzer, Nüve centrifuge, Swelab Alfa hematology analyzer, Qtest-500B urine analyzer, ARCHITECH c8000 clinical biochemistry analyzer, and the microscope, as well as the analyses conducted with these devices. After the training, a participant evaluation survey was conducted within the framework of our institution's quality management system. The students expressed that the event achieved its objectives, the work was important for their careers, the duration of the training was adequate, and they would like to see more such events organized in the future.

Keywords: Medical biochemistry, biochemistry tests, laboratory technology program, biochemistry devices, practical training.

1. INTRODUCTION

Biochemistry tests allow for the early detection of diseases by monitoring chemical changes in the body. For example, tests such as blood sugar, cholesterol, kidney function, and liver enzymes can identify conditions such as diabetes, kidney diseases, and liver disorders at an early stage. Some tests measure specific biochemical indicators to identify certain diseases. For example, a troponin test in a patient suspected of having a heart attack indicates heart muscle

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

damage (Andersson et al., 2015). It can measure blood levels of drugs used during treatment. This ensures that the drugs are administered at the correct dose (Finotti Cordeiro et al., 2024). Biochemistry tests can be used to monitor the response to treatment, for example, in cancer treatment, monitoring tumour markers after chemotherapy evaluates the effectiveness of the treatment (Zhang et al., 2022). It is widely used to monitor body functions (monitoring the functions of the liver, kidney, heart, and other organs). Creatinine and urea tests are performed to measure kidney function (Akoğlu and Altun, 2007), and ALT, AST and bilirubin tests are performed to monitor liver function (Pollock et al., 2012; Suh et al., 2018). Hormone levels are measured with biochemistry tests and provide information on many issues such as metabolism, reproductive health and thyroid (SoRelle et al., 2019; Minhas et. Al., 2021; Barón-Mendoza et al., 2024). For example, thyroid tests (TSH, T3, T4) are used to detect thyroid diseases (Kim et al., 2018). Cholesterol, triglyceride and lipid tests provide important information about the risk of heart disease (Wilkins et al., 2014; Blesso and Fernandez, 2018). These tests help to take early preventive measures by determining people's predisposition to heart disease. Sugar, electrolytes and other biochemical parameters are used to determine the risk of diseases such as diabetes, obesity and metabolic syndrome (Sharma et al., 2017; Wojcik et al., 2020; Chen et al., 2020; Woyesa, Gebisa and Anshebo, 2019). Biochemical tests performed rapidly in emergency situations allow the determination of vital conditions. Electrolyte imbalance, pH disorders, infections and metabolic disorders may require urgent intervention (Jones, 2024; Yilmaz and Tatliparmak, 2024; Whitmore and Gunnerson, 2020; Sasaki et al., 2020). In individuals with chronic diseases (e.g. diabetes, hypertension), biochemical tests monitor the course of the disease and show how the response to treatment is given and which treatment strategies are more effective. Inflammatory markers (e.g. CRP, ESR) and infection markers are used to monitor infections and inflammation in the body (Lapić et al., 2020; Tsao et al., 2020). Biochemical tests can also be helpful in determining genetic diseases, metabolic diseases, and general health status of individuals. For example, phenylketonuria test is a genetic test performed on newborns (van Spronsen et al., 2021; Mohammadzadeh et al., 2024).

Biochemistry test results are very important. The training of analysts and assistant analysts who will perform these tests is equally important. The subject of this study is the practical device training received by the Laboratory Technology Program students in the Biochemistry Laboratory of the Banaz State Hospital of the Ministry of Health of the Republic of Turkey.

2. APPLIED DEVICE TRAINING IN MEDICAL BIOCHEMISTRY LABORATORY

2.1. Automatic Pipette (Pipetting)

Automatic pipettes are used in biochemistry laboratories to take liquid samples and measure them accurately. Pipettes help to precisely take the volume of liquids and transfer them to other tubes. Automatic pipettes are faster, more accurate and more reliable than manual pipetting. This device provides great convenience in preparing test samples and delivering the right amount of liquid sample to biochemistry analysers. Students were given detailed information about pipetting (Figure 1).

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



Figure 1. Pipetting training of students

2.2. ARCHITECH c8000 Clinical Biochemistry Analyzer

ARCHITECH c8000 is one of the basic instruments in biochemistry laboratories and allows a large number of tests to be performed quickly and efficiently. It measures biochemical parameters in blood and other biological samples (e.g. glucose, cholesterol, triglycerides, liver enzymes, electrolytes and other biomarkers). ARCHITECH c8000 produces test results with high precision, which provide information about the diagnosis of diseases, monitoring of the treatment process and the health status of patients. Students were given detailed information about the automatic sampling of this device (Figure 2), the display of the results on the screen and the cleaning of the device, and they observed all these stages while the device was open.



Figure 2. ARCHITECH c8000 device training

2.3. Qtest-500B Urine Analyzer

Qtest-500B is a urine analyzer and measures the chemical components of urine, pH level, protein, glucose, urobilinogen, leukocytes, blood and other components. This device is used in the diagnosis of diseases such as urinary tract infections, kidney diseases, metabolic disorders and diabetes. Urine tests are an important part of biochemical analysis and provide important data about the general health status of patients. Regarding the device, our students were informed that it works with the dual wavelength reflectance method, can analyze 520 samples per hour with urine strips, and can analyze blood, pH, leukocytes, bilirubin, ketone, nitrite,



Figure 3. Qtest-500B Urine Analyzer Training

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

urobilinogen, protein, glucose and specific gravity parameters in urine. One of our students was given the opportunity to do a trial test under the supervision of a specialist doctor (Figure 3).

2.4. Swelab Alfa Hematology Analyzer

Students were informed as follows. Swelab Alfa is an analyzer used for blood counts. The hematology analyzer counts cellular components (red blood cells, white blood cells, platelets) from blood samples and measures the characteristics of these cells (e.g. size, shape, and numerical density). This device helps in the diagnosis of anemia, infections, bleeding disorders, and other blood diseases. Hematological parameters are part of biochemical tests and provide important information about the general health status of the patient. With the Swelab Alfa hematology analyzer, information about complete blood count analysis can be given in about a minute with just a finger prick.



Figure 4. Swelab Alfa, Hematology Analyzer Training

2.5. ABL80 FLEX CO-OX Analyzer Training

This device is used to measure blood gases, electrolytes and oxygen carrying capacity. The ABL80 FLEX CO-OX device is especially important for critical situations in intensive care units or emergency rooms. The metabolic status of patients is quickly assessed by measuring pH, carbon dioxide (CO_2), oxygen (O_2), bicarbonate, electrolyte levels and other parameters from blood samples. This device can also measure carbon monoxide (CO) and methemoglobin levels. Theoretical information was conveyed to our students in the form.

2.6. Nüve Centrifuge Device Training

Centrifuges are used to separate blood, urine, serum, plasma and other biological samples into their liquid and solid components. The Nuve Centrifuge spins these samples at high speed, separating the blood cells (e.g. red blood cells, leukocytes) from the liquid part (plasma or serum). This process purifies the samples for biochemistry tests and is necessary for accurate analysis. It is also used in urine analysis. After the theoretical information given to our students by the Authorized Specialist Doctor at the device, information was given about the operation of the device and safety precautions (Figure. 6).



Figure 6. Nüve Centrifuge Device Training

2.7. Microscope Device Training

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

The microscope is used in biochemistry laboratories to perform cellular level analyses. The examination of cells in blood, urine or other biological samples is done with a microscope. In addition to hematological tests, microscopes are also used in other biochemical analyses that require microscopic examination. For example, crystal and cellular analyses can be performed in urine. The microscope is an important tool for increasing the accuracy of biochemistry tests and performing additional visual analyses. After being informed by the Specialist Doctor, our students were allowed to see the erythrocytes in the device.

3. RELATIONSHIP OF BIOCHEMISTRY TESTS WITH SUSTAINABLE DEVELOPMENT GOALS

Reliable, fast and low-cost test results produced with devices in biochemistry laboratories strengthen health systems by enabling early diagnosis and correct treatment of diseases and help people live a healthy life. It is directly related to Turkey's Sustainable Development Goals (TSKA) 3 Good Health and Well-Being. It can provide access to health services to wider audiences. It can reduce health inequalities by increasing access to health services, especially in low-income regions. It is directly related to TSKA 10 Reduced Inequalities and TSKA 16 Peace, Justice and Strong Institutions. It is directly related to TSKA 8 Decent Work and Economic Growth, as patients are provided with more accurate and reliable test results.

Research in the fields of biochemistry, hematology and clinical laboratories supports scientific progress, which contributes to the development of new treatment methods. Education provides students with scientific skills, which helps increase the qualified workforce in the health sector and related fields.

4. RESULTS AND EVALUATION

Our Laboratory Technology Program students were given practical device training by a Medical Biochemistry Specialist Doctor in the Banaz State Hospital Biochemistry Laboratory. After the training, an activity evaluation survey was applied to our participating students within the framework of our institution's quality management system. The students stated that the activity achieved its purpose, that the work done was important for their careers, that the time given was sufficient, and that they wanted similar activities to be organized more.



Figure 7. Evaluation of Analysis Results Produced in the Laboratory

5. GENERAL EVALUATION AND CONCLUSIONS

These devices used in biochemistry laboratories directly contribute to sustainable development goals such as health, accessibility, environment, education and economic development. In the context of human rights, these devices can have a positive impact in terms of environmental sustainability while ensuring that people have fair and equal access to health services. They

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

also contribute to the economic development of societies by increasing efficiency in the health sector.



Figure 8. Applied Training Team

It is critical that laboratory technology program students receive training on clinical biochemistry devices, not only for their own career development, but also to protect patients' rights to health, ensure the efficient operation of the health system, and contribute to sustainable health services. Educated students can obtain more accurate, reliable, and efficient results with modern biochemistry devices, which in turn improves the quality of overall health services.

ACKNOWLEDGEMENTS

I would like to thank Banaz State Hospital, Specialist Dr. Nesibe Esra YAŞAR in the field of Medical Biochemistry, Education Nurse Damlanur CERİTLİOĞLU and Banaz Vocational School Directorate.

REFERENCES

Akoğlu, H., Altun, B. (2007). Böbrek Hastalıklarında Tarama Testleri. Turkiye Klinikleri Journal of Internal Medical Sciences, 3(38), 8-18.

Andersson, P. O., Karlsson, J. E., Landberg, E., Festin, K., & Nilsson, S. (2015). Consequences of high-sensitivity troponin T testing applied in a primary care population with chest pain compared with a commercially available point-of-care troponin T analysis: an observational prospective study. BMC research notes, 8, 1-9.

Barón-Mendoza, I., Martínez-Marcial, M., García-Juárez, M., Mejía-Hernández, M., Cortés-Sánchez, Y., Zamora-Sánchez, C. J., ... & González-Arenas, A. (2024). Disruptions in reproductive health, sex hormonal profiles, and hypothalamic hormone receptors content in females of the C58/J mouse model of autism. Hormones and Behavior, 164, 105593.

Blesso, C. N., & Fernandez, M. L. (2018). Dietary cholesterol, serum lipids, and heart disease: are eggs working for or against you?. Nutrients, 10(4), 426.

Chen, L., Shi, L., Chao, M. S., Tong, X., & Wang, F. (2020). Stressful life events, hypertensive disorders, and high blood sugar during pre.

Finotti Cordeiro, C., Lopardi Franco, L., Teixeira Carvalho, D., & Bonfilio, R. (2024). Impurities in Active Pharmaceutical Ingredients and Drug Products: A Critical Review. Critical Reviews in Analytical Chemistry, 1-21.

Jones, N. P. (2024). Fluid, Electrolyte Balance and Associated Disorders. Fundamentals of Applied Pathophysiology for Paramedics, 332-354.

Kim, H. I., Jang, H. W., Ahn, H. S., Ahn, S., Park, S. Y., Oh, Y. L., ... & Kim, S. W. (2018). High serum TSH level is associated with progression of papillary thyroid microcarcinoma during active surveillance. The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism, 103(2), 446-451.

Lapić, I., Padoan, A., Bozzato, D., & Plebani, M. (2020). Erythrocyte sedimentation rate and C-reactive protein in acute inflammation: meta-analysis of diagnostic accuracy studies. American journal of clinical pathology, 153(1), 14-29.

Minhas, S., Bettocchi, C., Boeri, L., Capogrosso, P., Carvalho, J., Cilesiz, N. C., ... & Salonia, A. (2021). European association of urology guidelines on male sexual and reproductive health: 2021 update on male infertility. European urology, 80(5), 603-620.

Mohammadzadeh, Z., Sharifi, L., Fatholahpour, A., & Bazshahi, E. (2024). The investigation of serum phenylalanine levels based on infant feeding method: a cross-sectional study of children less than two years old with phenylketonuria (PKU). International Breastfeeding Journal, 19(1), 12.

Pollock, N. R., Rolland, J. P., Kumar, S., Beattie, P. D., Jain, S., Noubary, F., ... & Whitesides, G. M. (2012). A paper-based multiplexed transaminase test for low-cost, point-of-care liver function testing. Science translational medicine, 4(152), 152ra129-152ra129.

Sasaki, J., Shiino, Y., Kato, Y., Kudo, D., Fujita, M., Miyairi, I., ... & Shimazu, T. (2020). Checklist for infection control in the emergency department. Acute Medicine & Surgery, 7(1), e540.

Sharma, S. R., Mishra, S. R., Wagle, K., Page, R., Matheson, A., Lambrick, D., ... & Vaidya, A. (2017). Social determinants of common metabolic risk factors (high blood pressure, high blood sugar, high body mass index and high waist-hip ratio) of major non-communicable diseases in South Asia region: a systematic review protocol. Systematic reviews, 6, 1-6.

SoRelle, J. A., Jiao, R., Gao, E., Veazey, J., Frame, I., Quinn, A. M., ... & Patel, K. (2019). Impact of hormone therapy on laboratory values in transgender patients. Clinical chemistry, 65(1), 170-179.

Suh, S., Cho, Y. R., Park, M. K., Kim, D. K., Cho, N. H., & Lee, M. K. (2018). Relationship between serum bilirubin levels and cardiovascular disease. PLoS One, 13(2), e0193041.

Tsao, Y. T., Tsai, Y. H., Liao, W. T., Shen, C. J., Shen, C. F., & Cheng, C. M. (2020). Differential markers of bacterial and viral infections in children for point-of-care testing. Trends in molecular medicine, 26(12), 1118-1132.

van Spronsen, F. J., Blau, N., Harding, C., Burlina, A., Longo, N., & Bosch, A. M. (2021). Phenylketonuria. Nature reviews Disease primers, 7(1), 36.

Whitmore, S. P., & Gunnerson, K. J. (2020). Acid-Base and Electrolyte Disorders in Emergency Critical Care. Emergency Department Critical Care, 301-329.

Wilkins, J. T., Ning, H., Stone, N. J., Criqui, M. H., Zhao, L., Greenland, P., & Lloyd-Jones, D. M. (2014). Coronary heart disease risks associated with high levels of HDL cholesterol. Journal of the American Heart Association, 3(2), e000519.

Wojcik, M., Krawczyk, M., Zieleniak, A., Mac Marcjanek, K., & Wozniak, L. A. (2020). Associations of high blood sugar with oxidative stress and inflammation in patients with type 2 diabetes. In Dietary sugar, salt and fat in human health (pp. 305-323). Academic Press.

Woyesa, S. B., Gebisa, W. C., & Anshebo, D. L. (2019). Assessment of selected serum electrolyte and associated risk factors in diabetic patients. Diabetes, Metabolic Syndrome and Obesity: Targets and Therapy, 2811-2817.

Yilmaz, S., Tatliparmak, A. C., & Ak, R. (2024). The Pathophysiology of Injuries and Deaths Managed in Emergency Departments After Earthquake Disasters: A Narrative Review. Disaster Medicine and Public Health Preparedness, 18, e252.

Zhang, Y., Zhao, J., Wang, Y., Cai, W., Zhang, X., Li, K., ... & Kang, H. (2022). Changes of tumor markers in patients with breast cancer during postoperative adjuvant chemotherapy. Disease Markers, 2022(1), 7739777.

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

COMPUTATIONAL ANALYSIS OF FLOW CHARACTERISTICS IN BENCHMARK NOZZLE CONFIGURATIONS

Technician, SEDA KÖK KOCA[1], Assistant Professor, MESUDE AVCI [2,*]

[1] SIVAS CUMHURİYET UNIVERSITY, Chemical Engineering, skoks@cumhuriyet.edu.tr - ORCID ID: 0009-0009-7526-002X

[2*]SIVAS CUMHURİYET UNIVERSITY, Chemical Engineering, mesude@cumhuriyet.edu.tr- ORCID ID: 0000-0001-8211-7779

ABSTRACT

Computational fluid dynamics (CFD) is a highly accomplished tool that is currently employed for flow characterization in different areas of research and industry. However, its utilization in medical devices is relatively underdeveloped, mainly due to the strong regulatory standards that rule safety in this field. In light of this, improving a comprehensive and standardized CFD methodology is of paramount importance, as it can enhance the accuracy of biomedical applications and reinforce their dependability. The Food and Drug Administration (FDA) introduced a benchmark model that demonstrates similarities to blood-contacting heart devices, such as catheters, hypodermic needles, blood tubing, hemodialysis sets, cannulas, and syringes, to verify CFD models. When previous studies are investigated, it is seen that the direct comparison of the flow characteristics in two configurations of the nozzle (sudden contraction (SC) and gradual cone (GC)) does not exist. Therefore, in this work, a direct comparison of the flow behavior in two nozzle configurations is performed for the experimental condition of the nozzle, which has the throat Reynolds numbers (Re_t) of 500. Thus, the results will be helpful for clinicians since, with these results, the design of medical devices will be more efficient depending on patients' health and safety regulations.

Keywords: Heart failure, computational fluid dynamics, artificial organs, and ventricular assist devices.

* Corresponding author: mesude@cumhuriyet.edu.tr
Note: This study is derived from a part of the SEDA KÖK KOCA's Master's thesis.

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

1. INTRODUCTION

Cardiovascular diseases are a significant burden on healthcare systems, and expenses are increasing every year (Murray and Lopez 1997). Although systemic risk factors affiliated with a higher predominance of cardiovascular disease, atherosclerotic plaques (Lee et al. 2008), and aneurysms (Weir 2002) are locally spread, emphasizing the significance of flow-induced wall shear stress (Malek, Alper, and Izumo 1999; Morbiducci et al. 2016). Cardiovascular biomedical devices with complicated geometries have become commonplace in medical practice. In recent decades, computational fluid dynamics (CFD) has emerged as the preferred method for designing and optimizing these devices (Marsden et al. 2014).

CFD techniques are employed extensively to construct and analyze components of heavy industries, including the aerospace and automotive industries. The same tendency is also observed in the medical device industry, where the technology is used for various purposes, including the design, improvement, and analysis of devices such as ventricular assist devices, prosthetic heart valves, stents, blood filters, and hemodialysis catheters. Nevertheless, CFD can facilitate not only modeling a device but also determining alterations in the hemodynamic conditions, including variations in blood flow dynamics and/or the fluid forces applied to the device. CFD has been widely employed in the field of medical research. This has involved using CFD to identify correlations between abnormal stresses and disease initiation and progression (Cebral and Raschi 2013; Chen et al. 2013) and, eventually, to develop CFD as a potential clinical tool. Nevertheless, CFD's efficiency depends on the methods' strengths and the repeatability of results. Therefore, The US Food and Drug Administration (FDA) designed a benchmark, similar to a medical device (US Food and Drug Administration. 2015), to evaluate CFD in biomechanics by comparing in vitro experimental results with the CFD solutions and also providing reference solutions for future validation of CFD solvers (Hariharan et al. 2011).

The FDA nozzle is designed to have similarities to an idealized medical device consisting of two straight tube regions, a straight throat region, and a conical part. Depending on the flow direction, the flow enters a sudden expansion or a gradual cone after exiting from the straight throat region. This design provides diverse ranges of flows involving decelerating, accelerating, and recirculating flow. Depending on the flow direction, the gradual contraction or sudden expansion regions produce alterations in shear stress and velocities, which are more likely to cause blood damage (Stewart et al. 2013). Therefore, the flow hemodynamics of the FDA nozzle gives an idea about the unphysiological flow conditions in medical devices. When previous studies are investigated (Bergersen, Mortensen, and Valen-Sendstad 2019; Fehn, Wall, and Kronbichler 2019; Hariharan et al. 2017; Huang et al. 2022; Mantegazza et al. 2022; Sánchez Abad et al. 2020), it is seen that the direct comparison of the flow characteristics in two configurations of the nozzle (sudden contraction and gradual cone) does not exist. Therefore, in this work, a direct comparison of the flow hemodynamics in two nozzle configurations is performed for the experimental conditions of the nozzle.

2. METHODS

2.1. The Nozzle Model

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

The 3D experimental geometry is the FDA nozzle frequently used in biomedical practice (Hariharan et al. 2011). The two straight tube regions at the inlet and outlet of the nozzle are 12 mm in diameter and 1200 mm (100 D) in length. The straight throat region has a 4 mm diameter and 40 mm length. Two different configurations of the nozzle, the sudden contraction (SC) and the gradual cone (GC), are modeled (Figure 1).

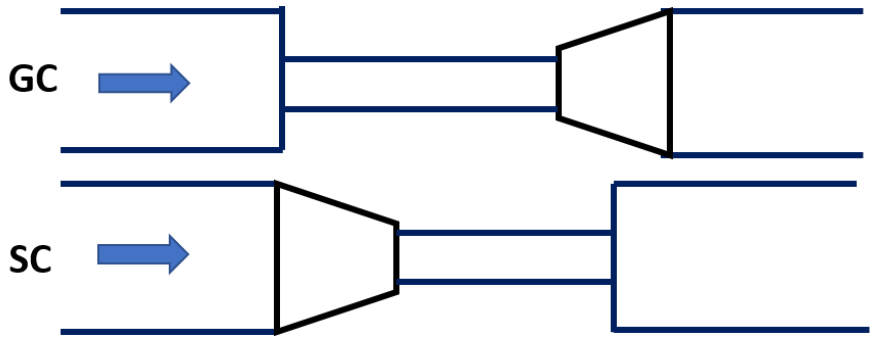


Figure 1. Models of the FDA Nozzle (GC: Gradual Cone, SC: Sudden Contraction)

In the GC configuration, the flow enters the straight throat region after the large straight tube. Following the straight throat region, the flow goes to the conical section and finally enters the larger straight tube, which has equivalent dimensions to the tube at the inlet. In the case of SC orientation, the flow enters the conical section after the large straight tube at the inlet, then goes to the straight throat region, and finally enters directly into the larger straight tube after the narrow throat.

The nozzle models are meshed using Fluent 18.2 and its preprocessing program ICEM CFD (ANSYS Fluent 14.0 Theory guide, n.d.). Following the creation of the geometries, a hexahedral meshing technique is employed to integrate the complete data set. Furthermore, O-grids are utilized to ensure optimal orthogonality around the inlet and outlet regions to enhance the nozzle's mesh quality. Subsequently, the flow geometries are transferred to Fluent to solve the incompressible Navier-Stokes equations through ICEM CFD.

2.2. Flow Conditions

The parameters for the CFD analysis are acquired from the inter-laboratory particle image velocimetry (PIV) work of Hariharan et al. (Hariharan et al. 2011), which includes five datasets from three laboratories. The boundary conditions for the nozzle models are defined, comprising velocities at the domain inlet, specifying outflow at the domain outlet, and a no-slip condition for the nozzle walls. The solution parameters are defined according to the following specifications: the least square cell-based scheme for gradient, the second-order upwind discretization scheme for pressure and momentum, and the simple scheme for pressure-velocity coupling. These are implemented in the simulations conducted on both the SC and GC configurations of the nozzle models, which are executed using the finite volume-based Fluent simulator.

Different experimental conditions are simulated for both nozzle configurations (GC and SC), and the blood is assumed to be laminar and incompressible, expressing Newtonian behavior with a density of 1056 kg/m³ and a viscosity of 3.5 mPa.s. in all simulations. The flow simulations are conducted using the shear stress transport k-ω (SST k-ω) model, which has been validated to exhibit enhanced precision in low Reynolds number internal flows (Re < 10,000) (Bluestein 2004; Goubergrits et al. 2016).

The flow simulations are performed and compared for both GC and SC configurations for the first case of the experimental data, in which the blood-flowing inlet velocity is 0.05 m/s, corresponding to a throat Reynolds number of 500.

3. RESULTS AND DISCUSSION

3.1. Analysis of Dynamic Pressure at the Gradual Cone Configuration

The first modeled nozzle configuration is the GC configuration, as shown in Figure 1. For the first experimental condition (Hariharan et al. 2011) of 0.05 m/s inlet velocity (corresponding to throat Reynolds number of 500), simulations are performed, and the results are analyzed. The first parameter analyzed is the dynamic pressure in the nozzle model. Figure 2 illustrates the dynamic pressure changes in the GC configuration of the nozzle.

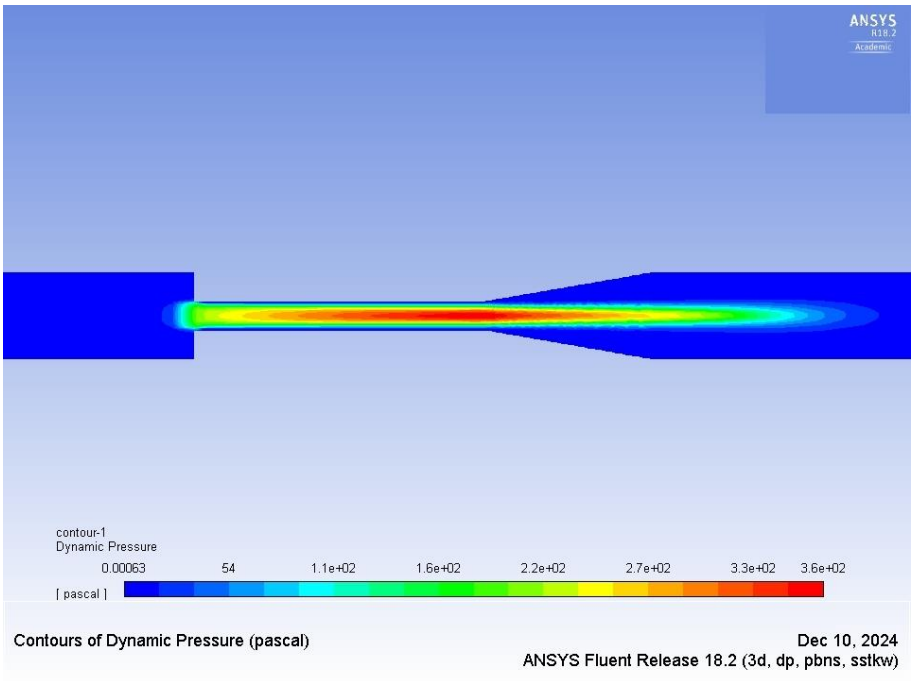


Figure 2. Dynamic Pressure Changes in the GC Configuration for Re_t of 500

Figure 2 shows that the dynamic pressure for the GC configuration increased at the throat region. The highest pressure values can be seen with the red color near the center of the pipe. The high values also continue in the conical section and finally go to lower values after the conical section.

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

3.2. Analysis of Dynamic Pressure at the Sudden Contraction Configuration

The second modeled nozzle configuration is the SC configuration, which can be seen in Figure 1. The same procedure as in the GC configuration is followed to calculate dynamic pressure in the SC configuration. The dynamic pressure for 0.05 m/s inlet velocity (corresponding to throat Reynolds number of 500) simulations are performed, and the results are shown in Figure 3.

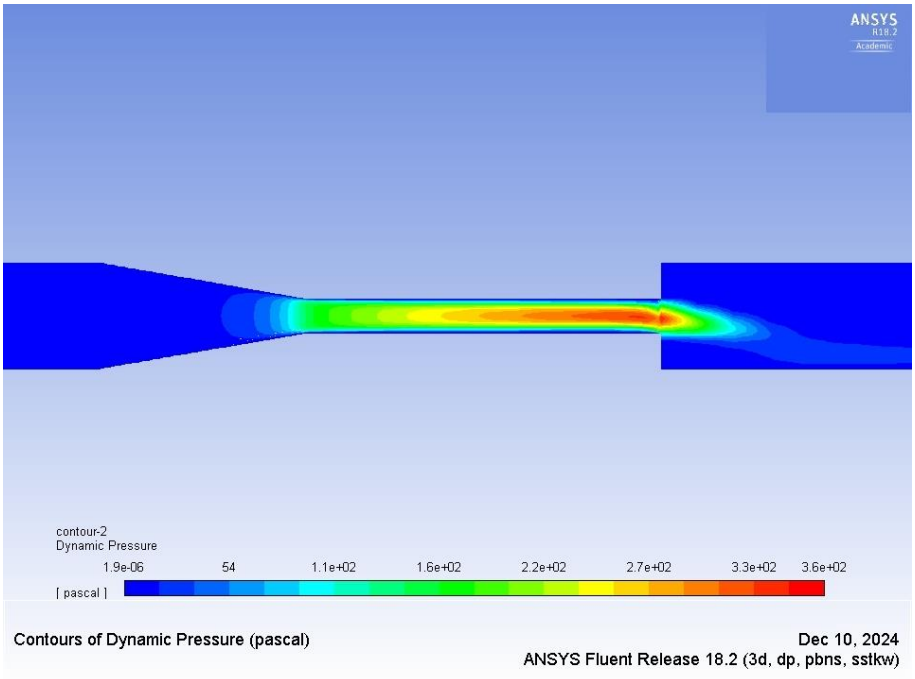


Figure 3. Dynamic Pressure Changes in the SC Configuration for Re_t of 500

Figure 3 shows that the dynamic pressure for the SC configuration is again high in the center. The pressure values started to increase around the middle of the throat region and dropped right after the throat region.

4. CONCLUSIONS AND FUTURE WORK

Since the hemodynamic flow of the FDA nozzle provides insight into the unphysiological flow conditions in medical devices, it is important to have a detailed examination of the nozzle models. This study directly compares the two configurations of the nozzle, which are GC and SC orientations, and gives the parameter changes in the models. The dynamic pressure changes are analyzed in two configurations for the first experimental condition. Results showed that the dynamic pressure values are high in the throat region, with higher values near the center in both configurations. Moreover, the pressure values are decreased after the throat region.

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

When two configurations are compared, the GC configuration has higher dynamic pressure values than the SC configuration. In the GC configuration, the higher values do not go down directly, and there are still higher values after the throat region in the conical section. However, in the SC configuration, the pressure values go lower right after the throat region. The highest values are similar in both configurations, but the GC configuration has more regions at higher pressure than the SC configuration.

In a future study, it is suggested that the other experimental conditions be run and that two configurations be compared under different experimental conditions. Moreover, other parameters, such as velocity, wall shear stress, etc., can also be examined for both configurations.

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

REFERENCES

Bergersen, Aslak W, Mikael Mortensen, and Kristian Valen-Sendstad. 2019. "The FDA Nozzle Benchmark: 'In Theory There Is No Difference between Theory and Practice, but in Practice There Is.'" *International Journal for Numerical Methods in Biomedical Engineering* 35(1): e3150. https://doi.org/10.1002/cnm.3150.

Bluestein, Danny. 2004. "Research Approaches for Studying Flow-Induced Thromboembolic Complications in Blood Recirculating Devices." *Expert Review of Medical Devices* 1(1): 65–80.

Cebral, Juan R, and Marcelo Raschi. 2013. "Suggested Connections between Risk Factors of Intracranial Aneurysms: A Review." *Annals of biomedical engineering* 41(7): 1366–83.

Chen, Haoyu et al. 2013. "Investigating the Influence of Haemodynamic Stimuli on Intracranial Aneurysm Inception." *Annals of biomedical engineering* 41(7): 1492–1504.

Fehn, Niklas, Wolfgang A Wall, and Martin Kronbichler. 2019. "Modern Discontinuous Galerkin Methods for the Simulation of Transitional and Turbulent Flows in Biomedical Engineering: A Comprehensive LES Study of the FDA Benchmark Nozzle Model." *International Journal for Numerical Methods in Biomedical Engineering* 35(12): e3228. https://doi.org/10.1002/cnm.3228.

Goubergrits, Leonid et al. 2016. "Turbulence in Blood Damage Modeling." *The International Journal of Artificial Organs* 39(4): 160–65. https://doi.org/10.5301/ijao.5000476.

Hariharan, Prasanna et al. 2011. "Multilaboratory Particle Image Velocimetry Analysis of the FDA Benchmark Nozzle Model to Support Validation of Computational Fluid Dynamics Simulations." *Journal of biomechanical engineering* 133(4): 41002.

———. 2017. "Use of the FDA Nozzle Model to Illustrate Validation Techniques in Computational Fluid Dynamics (CFD) Simulations." *PLOS ONE* 12(6): e0178749. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0178749.

Huang, Feng, Romain Noël, Philipp Berg, and Seyed Ali Hosseini. 2022. "Simulation of the FDA Nozzle Benchmark: A Lattice Boltzmann Study." *Computer methods and programs in biomedicine* 221: 106863.

Malek, A M, S L Alper, and S Izumo. 1999. "Hemodynamic Shear Stress and Its Role in Atherosclerosis." *JAMA* 282(21): 2035–42.

Mantegazza, Alberto, Nicolas Tobin, Keefe B Manning, and Brent A Craven. 2022. "Examining the Universality of the Hemolysis Power Law Model from Simulations of the FDA Nozzle Using Calibrated Model Coefficients." *Biomechanics and modeling in*

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

mechanobiology.

Marsden, Alison L, Yuri Bazilevs, Christopher C Long, and Marek Behr. 2014. "Recent Advances in Computational Methodology for Simulation of Mechanical Circulatory Assist Devices." *WIREs Systems Biology and Medicine* 6(2): 169–88. https://doi.org/10.1002/wsbm.1260.

Morbiducci, Umberto et al. 2016. "Atherosclerosis at Arterial Bifurcations: Evidence for the Role of Haemodynamics and Geometry." *Thrombosis and haemostasis* 115(3): 484–92.

Murray, C J, and A D Lopez. 1997. "Alternative Projections of Mortality and Disability by Cause 1990-2020: Global Burden of Disease Study." *Lancet (London, England)* 349(9064): 1498–1504.

Sánchez Abad, Nour et al. 2020. "Simulation Strategies for the Food and Drug Administration Nozzle Using Nek5000." *AIP Advances* 10(2): 25033. https://doi.org/10.1063/1.5142703.

Stewart, Sandy F C et al. 2013. "Results of FDA's First Interlaboratory Computational Study of a Nozzle with a Sudden Contraction and Conical Diffuser." *Cardiovascular Engineering and Technology* 4: 374–91. https://api.semanticscholar.org/CorpusID:110045728.

US Food and Drug Administration. 2015. "No Title." *Computational fluid dynamics: an FDA Critical Path Initiative project.* https://fdacfd.nci.nih.gov (December 15, 2015).

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

YEŞİL ANALİTİK KİMYA VE ÇOK DEĞİŞKENLİ OPTİMİZASYON YAKLAŞIMLARI

GREEN ANALYTICAL CHEMISTRY AND MULTIVARIATE OPTIMIZATION APPROACHES

Arş. Gör. Seçkin FESLİYAN[1], Prof. Dr. Adil ELİK[2], Prof. Dr. Nail ALTUNAY[3],

[1]Kimya Bölümü, Fen Fakültesi, Sivas Cumhuriyet Üniversitesi, Sivas/Türkiye
seckinf@cumhuriyet.edu.tr, ORCID ID: 0009-0003-3584-3868

[2]Kimya Bölümü, Fen Fakültesi, Sivas Cumhuriyet Üniversitesi, Sivas/Türkiye
elik@cumhuriyet.edu.tr, ORCID ID: 0000-0002-3942-4711

[3]Kimya Bölümü, Fen Fakültesi, Sivas Cumhuriyet Üniversitesi, Sivas/Türkiye
naltunay@cumhuriyet.edu.tr, ORCID ID: 0000-0001-9053-7570

ÖZET

Analitik kimyada analiz edilen birçok numunenin kendine has doğası vardır. Bu örneklerden belirlenecek analitlerin bir kısmı insanlar için faydalı olduğu gibi birçoğu da oldukça zararlıdır. Bu zararlı analitlerin belirlenmesi için geliştirilen birçok analitik prosedürün kendi dinamikleri de en az hedef analit ve numune kadar tehlikelidir. Yeşil Analitik Kimya yaklaşımı özellikle pek de masum olmayan bu analitik prosedürlerin doğurduğu endişeleri gündeme getirmek ve sorunları ortadan kaldırmak için ortaya çıkmıştır. Bu yaklaşım analitik kimyada çevreci ve toksik maruziyeti ortadan kaldıran farklı eğilimlerin ortaya çıkmasını sağlamıştır. Optimizasyon analitik kimyada verilerin sağlamlığı açısından oldukça önemlidir. Literatürde uzun süredir kullanılan tek değişkenli optimizasyon yaklaşımları yavaş yavaş yerini çok değişkenli optimizasyon yaklaşımlarına bırakmaktadır. Çok değişkenli optimizasyon yaklaşımları deneysel prosedürde sarfiyatın önüne geçen ve minimalist yapı hakim kılan teknikler oldukları için Yeşil Analitik Kimya bağlamında ele alınabilmektedir. Deney prosedürüne bağlı olarak çeşitlenebilen bu teknikler analitik açıdan olduğu kadar çevre ve insan sağlığı açısından da önemlidir. Bu çalışmada çok değişkenli optimizasyon yaklaşımlarının farklı türleri hakkında bilgi verilecek ve bunlar yeşil bağlamda ele alınacaktır. Ayrıca bazı literatür çalışmalarına da örnekler verilerek uygulamaları anlatılacaktır.

Anahtar Kelimeler: Çok değişkenli optimizasyon, yeşil analitik kimya, istatistiksel ve matematiksel optimizasyon, yöntem geliştirme

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

ABSTRACT

Many samples analyzed in analytical chemistry have their own nature. Some of the analytes to be determined from these samples are beneficial for humans, while many are quite harmful. The dynamics of many analytical procedures developed for the determination of these harmful analytes are at least as dangerous as the target analyte and sample. The Green Analytical Chemistry approach has emerged to raise concerns and eliminate problems caused by these analytical procedures, which are not so innocent. This approach has led to the emergence of different trends in analytical chemistry that eliminate environmental and toxic exposure. Optimization is very important in terms of data robustness in analytical chemistry. Single-variable optimization approaches, which have been used in the literature for a long time, are gradually being replaced by multivariable optimization approaches. Multivariable optimization approaches can be considered in the context of Green Analytical Chemistry because they are techniques that prevent waste in experimental procedures and make a minimalist structure dominant. These techniques, which can be diversified depending on the experimental procedure, are important in terms of environment and human health as well as analytical aspects. In this study, information will be given about the different types of multivariable optimization approaches and they will be discussed in a green context. In addition, examples will be given to some literature studies and their applications will be explained.

Keywords: Multivariate optimization, green analytical chemistry, statistical and mathematical optimization, method development

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

1. GİRİŞ

Modern çağ birçok alana farklı yenilikler getirmiştir. Her bilim dalı gibi kimya da bundan nasibini almıştır. Fakat gelişim doğası gereği bazı negatif sonuçlara da sebep olmaktadır. Analitik kimyada gelişim, analitik enstrümanlarla daha kolay ve daha duyarlı analitik tayinlere olanak sağlamıştır. Bu ise bilim insanlarının araştırma ve geliştirmeye daha çok motive olmalarını sağlamıştır. Analitik veriler açısından her ne kadar kayda değer sonuçlar ve ilerlemeler kaydedilse de, üzerinde düşünülmesi gereken başka konular da ortaya çıkmıştır. Kullanılan reaktifler, tehlikeli ve toksik çözücüler hem çevre kirliliği hem de toksik kimyasal maruziyeti anlamına gelmektedir. Bu durumlar analitik parametrelerin kalitesi yanında hiç de ihmal edilebilecek türden değildir. Bu bakış açısı 1990'lı yıllarda etkili olmaya başlamış ve günümüzde artık araştırmacıların temel anlayışı haline gelmiştir. Yeşil Kimya ve Yeşil Analitik Kimya yaklaşımlarını ve prensiplerini doğuran bu yaklaşım, sadece çevre ve insan sağlığını değil farklı konuları da gündeme almaktadır. Dolayısıyla bu perspektif ile, sadece analitik sorunlara çözüm getirilmekle kalınmaz, toplumun genelini ilgilendiren problemlerin de önüne geçilmektedir. Analitik prosedürlerde temel alınacak bu iki öğe ise bilimsel çalışmaların kalitesi için çok önemlidir. 1990'lı yıllardan beri etkili olan bu çaba özellikle örnek hazırlama açısından analitik kimyaya çağ atlatmıştır. Öyle ki, yeşil prosedürlerde yer alan unsurlar analitik verilerin doğruluğu, güvenilirliği ve verimi açısından oldukça faydalı çıktılar sağlamıştır. Bu mükemmel sinerjinin oluşması ise araştırmacıların konuya olan ilgisini artırmıştır. Günümüzde farklı örnek hazırlama tekniklerinin kullanıldığını görmekteyiz. Bu tekniklerin en bilinen yeşil öncüsü ise şüphesiz mikroekstraksiyon teknikleridir. Mikroekstraksiyon teknikleri, analitik prosedürlerde yeşillik çabalarının en önemli ürünüdür. Bu teknikler analitik verilerin kalitesini artırdığı gibi aynı zamanda çevresel ve insan sağlığı açısından duyulan endişeleri ortadan kaldırmıştır. Analitik prosedürlerin yeşil karakterine katkı sağlayan birçok unsur vardır. Çok değişkenli optimizasyon teknikleri doğası gereği yöntemin yeşil karakterine katkıda bulunsa da genel olarak adından hak ettiği kadar söz ettirmemektedir. Literatürdeki çalışmalarda çoğunlukla tek değişkenli optimizasyon tekniklerinin kullanımına yer verilmesi bu durumun temel sebebi olabilmektedir. Mevcut çalışmada, Yeşil Analitik Kimya yaklaşımının temel amacına, önemine ve uygulamalarına genel hatlarıyla değinilmiştir. Ayrıca bu yaklaşım kapsamında olan analitik prosedürler için önemli olduğunu düşündüğümüz çok değişkenli optimizasyon yaklaşımı hakkında bilgi verilip literatürden örnekler okuyucuya sunulmuştur.

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

2. YEŞİL ANALİTİK KİMYA

Analitik kimyada, analitik süreç sonucunda elde edilen verilerin kalitesi bazı parametrelere bağlıdır. Bunlar doğruluk, duyarlılık, seçicilik ve tekrarlanabilirlik gibi parametrelerdir. Araştırmacıların temel gayesi başta bu parametrelerin verimliliğini sağlamak olsa da toksik kimyasal reaktiflerin kullanımı, yüksek maliyet, enerji ve zaman sarfiyatı gibi konular gündemi daha fazla meşgul etmeye başlayınca, kimyasal süreçle ilgili çevre ve sağlık endişeleri ortaya çıkmıştır. Bu endişeler ise yeni bir süreci başlatmıştır. Kimyada yeşillik olarak adlandırılabilecek bu süreç, 1987 yılında Paris'te gerçekleşen Euroanalysis VI'da sunulan kimyada çevresel modellere dikkat çeken bir sunumla başlamıştır [1]. 1995 yılında ise Royal Society of Chemistry'nin Analyst dergisinde analitik yöntemlerde minyatürizasyon ve reaktiflerin türü gibi konulara değinilmiş ve analitik prosedürlerin çevresel problemleri ele alınmıştır [2]. 1999 yılına gelindiğinde ise Anastas meşhur Yeşil Kimya yaklaşımını ve bu yaklaşımın 12 ilkesini tanıttığı makalesini yayınlamıştır. Yeşil Kimya'nın analitik prosedür geliştirmedeki etkisini de ele aldığı bu çalışmasındaki temel felsefe ise, çevre ve sağlık açısın zararlı hammaddelerin, toksik reaktiflerin, çözücülerin kullanımını ve tehlikeli yan ürünlerin oluşmasına sebebiyet veren analitik prosedürlerin kullanımının azaltılması veya ortadan kaldırılmasıdır [3]. Bu çalışmalar, analitik prosedürlerde yeşillik sürecini hızlandırmış ve farklı yaklaşımların ortaya çıkmasını sağlamıştır.

Yakın tarihte Galuszka ve çalışma arkadaşları Yeşil Analitik Kimya'nın (YAK'ın) 12 ilkesini tanıttığı çalışmayı yayınlamış ve büyük ilgi toplamışlardır. Bu 12 ilke ise aşağıdaki gibidir [4];

I. Numune işlemeyi önlemek için doğrudan analitik teknikler uygulanmalıdır.
II. En az örnek büyüklüğü en az örnek sayısı hedeflenmektedir.
III. Yerinde ölçümler yapılmalıdır.
IV. Analitik süreçlerin ve operasyonların entegrasyonu enerji tasarrufu sağlar ve reaktif kullanımını azaltır.
V. Otomatik ve minyatürleştirilmiş yöntemler seçilmelidir.
VI. Türevlendirmeden kaçınılmalıdır.
VII. Büyük hacimde analitik atık üretimi önlenmeli ve analitik atıkların uygun yönetimi sağlanmalıdır.
VIII. Tek seferde bir analit kullanan yöntemlere kıyasla, çoklu analit veya çoklu parametre yöntemleri tercih edilir.
IX. Enerji kullanımı en aza indirilmelidir.
X. Yenilenebilir kaynaklardan elde edilen reaktifler tercih edilmelidir.
XI. Toksik reaktifler ortadan kaldırılmalı veya değiştirilmelidir.
XII. Operatörün güvenliği artırılmalı

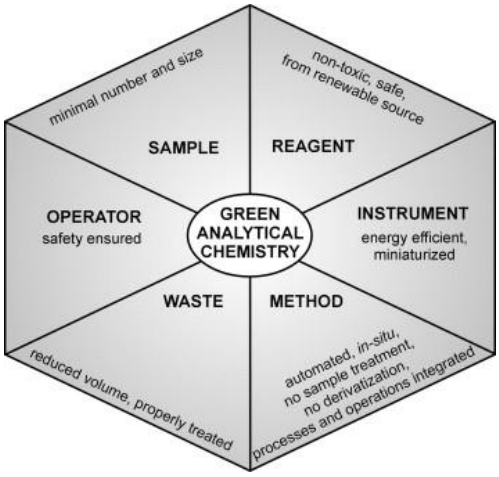
YAK'ın ilkelerine bütüncül bir bakış, çevre ve sağlık açısından sağlanabilecek birçok faydayı göz önüne getirmektedir. Çoğu analitik kimyacının da genel yaklaşımı bu olmuş ve bu konuda günümüze kadar ulaşan büyük bir trend oluşmuştur.

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

YAK'ın 1. İlkesi genel anlamda pozitif ve faydalı görünse de büyük bir tezatlığı da içerisinde barındırmaktadır. Bu ilke hiç şüphesiz geleneksel örnek hazırlama tekniklerinin sebep olduğu birçok dezavantaj sebebiyle oluşturulmuştur. Avrupa'da yapılan bir anket 250 analitik kimya laboratuvarı tarafından katılım sağlanmıştır. Buna göre, örnek hazırlama adımının analitik sürecin en zayıf halkası olduğu ve maliyetin, enerjinin, kullanılan kimyasalların ve zamanın en çok harcandığı aşama olduğu fikri ağırlıklı olarak kabul görmüştür [5, 6].

YAK'ın 1. İlkesi her ne kadar örnek hazırlama adımı olmadan numunenin doğrudan tayinini önerse de birçok durum örnek hazırlamayı gerekli kılmaktadır. Analitik süreçte tayin edilmesi planlanan hedef analit, farklı birçok örnek içerisinde yer alabilmektedir. Bu örnekler ise çoğu zaman farklı türleri de içerisinde barındırmakta ve oldukça karmaşık yapı ihtiva etmektedir. Bu can sıkıcı duruma ilave olarak, hedef analitler örnek içerisinde genellikle çok düşük derişimlerdedir. Dolayısıyla, düşük derişimlerdeki bu analiti karmaşık yapıdaki örnek ortamından direkt tayin etmek çoğu zaman mümkün olmamaktadır. Ayrıca farklı bir faza ayrılıp zenginleştirilmiş analit, analitik enstrümandan verimli bir analitik sinyal elde etmek için de önemlidir. Bu durum özellikle analitik yöntemin hedef analitin tayininde düşük tespit sınırları elde etmek, doğru, seçici ve duyarlı analizler yapmak için çok büyük bir öneme sahiptir. Önceki satırlarda bahsedilen tezatlık ise bu durumlardan kaynaklıdır. Düşünülenin aksine bu tezatlık araştırmacılar tarafından dezavantaja dönüştürülmüş ve etkili sonuçlar alınmıştır. Çünkü örnek hazırlama tekniklerinin doğası da bu teknikleri yeşil yapmaya elverişlidir. Bu elverişli durumdan birçok fayda sağlanarak yeni deneysel prosedürler oluşturulmuş ve geliştirilmiştir. Gelişmelerde temel alınan noktalar ise Galuszka ve çalışma arkadaşlarının bahsetiği şekilde olmuştur. Buna göre modern yeşil analitik yöntemlerin temel hedefleri aşağıdaki gibidir [4];

- Kimyasal maddelerin kullanımının ortadan kaldırılması veya azaltılması (çözücüler, reaktifler, koruyucular, pH ayarlaması için katkı maddeleri ve diğerleri);
- Enerji tüketiminin en aza indirilmesi;
- Analitik atığın uygun şekilde yönetilmesi
- Operatör güvenliği



Görsel 1. Yeşil Analitik Kimya kapsamındaki prosedürlerin bileşenleri [4]

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

Analitik yöntemlere yeşillik kazandırma sürecinde dikkat çeken bir nokta da, yeşil prosedürlerin oluşturulması, önceki satırlarda bahsedilen teorik yaklaşımların varlığından öncesine dayanmasıdır. Fakat neticede asıl gelişmeler farklı yaklaşımların ortaya çıkmasından ve bu bilincin oluşturulmasından sonra yaşanmıştır. Analitik yöntemlerin yeşillik kazanma sürecindeki deneysel çıktılar aşağıdaki süreç doğrultusunda ilerlemiştir;

1975'te Abu-Samra ve çalışma arkadaşları, çözücü miktarı azaltarak numuneden hedef analitleri izole etmek için mikrodalga enerjisinden faydalandıkları mikrodalga destekli ekstraksiyonu ilk defa kullanmıştır. Bu yöntem aynı zamanda genel bir örnek hazırlama işlemi için enerji tasarrufu da sağlamaktadır [7]. Yapılan bir çalışmada mikrodalga destekli ekstraksiyonun (MAE) soxhlet ekstraksiyonuna kıyasla işlem süresini 20 kat, organik çözücü tüketimini ise 10 kat azalttığı belirtilmiştir [8].

1980'lerin ortasında ise süperkritik sıvı ekstraksiyonunun (SFE) kullanımı ilk defa gerçekleşmiştir. SFE'de temel amaç, organik çözücülerin negatif etkilerinden kaçınmaktır. Bu amaçla ekstraksiyonda süperkritik koşullara getirilmiş CO_2 kullanılmaktadır [9-11].

1996 yılında basınçlı sıvı ekstraksiyonu (PFE) olarak adlandırılan ve ticari olarak temin edilebilen yeni bir teknik ortaya çıkmıştır. Burada ise ekstraksiyon verimi basıncın bir fonksiyonudur. Kullanılan çözücüler süper kritik bölgeye yakın koşullarda tutulup yüksek sıcaklıkla çözücü ve hedef analit etkileşimleri artırılır. PFE'de kullanılan çözücüler 15-40 mL hacimde olup ekstraksiyon süreleri 10-20 dk arasındadır [12].

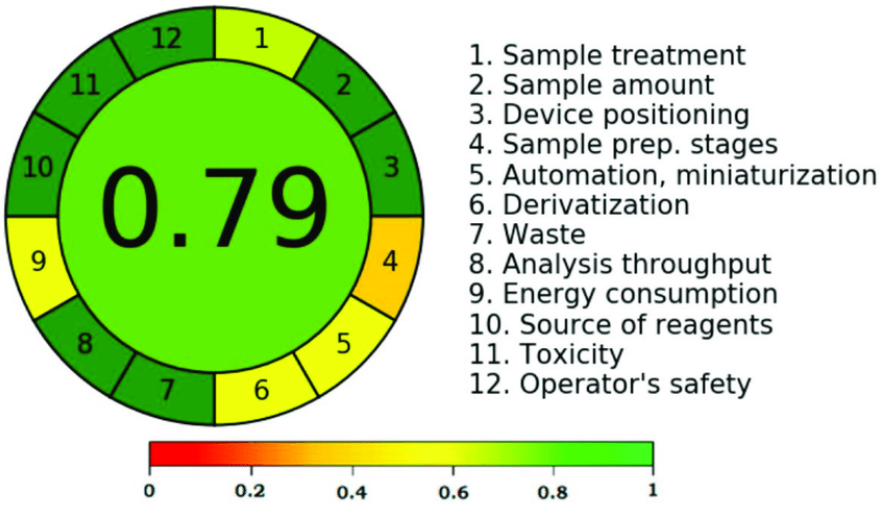
Bu tekniklerin arasında en çarpıcı ve en ilgi çekici etkiyi bırakan teknikler mikroekstraksiyon teknikleri olmuştur. Ekstraksiyon teknikleri, uzun süredir ayırma ve zenginleştirme tekniklerinin en çok kullanılanıdır. Ancak, klasik ekstraksiyon teknikleri yüksek miktarda organik çözücü kullanımı ve nispeten uzun işlem süresi gerektirdiği için YAK ilkelerini karşılamada yetersizdir. Mikroekstraksiyon teknikleri ise isminden de anlaşılacağı üzere mikrolitre seviyelerinde çözücü kullanımıyla ve minyatür doğasıyla klasik ekstraksiyon tekniklerine önemli bir yeşil alternatif olmuştur. Ayrıca bu tekniklerde düşük buhar basınçlı ve toksik olmayan çözücüler kullanılmaktadır [13-15]. Mikroekstraksiyon teknikleri günümüzde de sıklıkla kullanılmaktadır. Katı faz mikroekstraksiyonu ilk kez 1990 [16], sıvı faz mikroekstraksiyonu (LPME) ise ilk kez 1996'da kullanılmıştır [17]. Özellikle LPME'nin dağıtıcı sıvı-sıvı mikroekstraksiyonu (DLLME), oyuk fiber sıvı-faz mikroekstraksiyonu (HF-LPME) ve tek damla mikroekstraksiyonu (SDME) gibi önemli türleri bulunmaktadır.

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

3. ANALİTİK PROSEDÜRLERDE YEŞİLLİĞİN KONTROLÜ

Analitik prosedürlere yeşil profil kazandırma süreci cevaplanması gereken bir soruyu doğurmuştur. Farklı birçok yaklaşım sonucunda analitik prosedürlerin yeşil doğaya sahip olması için gereken kriterler belliydi fakat geliştirilen prosedürlerin nasıl ve ne kadar yeşil karakterde olduğu ise ölçülemiyordu. Bu sorunu gidermek için Ulusal Çevre Yöntemleri İndeksi'ne (NEMI) dayalı değerlendirme yaklaşımı geliştirilmiştir. 2012 yılında Galuszka ve çalışma arkadaşları tarafından Analitik Eko-Ölçek yaklaşımı ortaya atılmıştır [18]. 2018 yılına gelindiğinde ise Yeşil Analitik Prosedür Endeksi (GAPI) olarak adlandırılan ölçüm kriterleri kullanılmaya başlanmıştır [19].

Bu ölçüm kriterlerinden en yeni ve en çok kullanılanı ise Analitik Yeşillik Ölçüm Yaklaşımı (AGREE)'dir. AGREE Pena-Pereira ve çalışma arkadaşları tarafından 2020 yılında literatüre sunulmuştur [20]. AGREE geliştirilen analitik prosedürün yeşil profili hakkında bilgi vermek için 12 kriteri değerlendirmektedir. Bu 12 kriter, önceki satırlarda bahsedilen YAK'ın 12 kriteridir. Geliştirilen analitik prosedür bu kriterler bağlamında değerlendirildikten sonra prosedür için 0 ile 1 arasında bir genel puan belirlenir. Elde edilen puana göre geliştirilen yöntemin yeşil profili hakkında bilgi sahibi olunmaktadır. Genel kabulde 0,6 ve daha yüksek puanlar yöntemin yeşil profilde olduğunu ifade etmektedir.



Görsel 2. Belirli bir prosedürü değerlendirmede kullanılan AGREE kriterleri

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

4. ÇOK DEĞİŞKENLİ OPTİMİZASYON TEKNİKLERİNİN YEŞİL KATKILARI

Analitik kimyada en uygun analitik sinyalin elde edilmesi için yapılan deneysel faktörlerin ve bu faktörlerin seviyelerinin belirlenmesine ilişkin çalışmalara optimizasyon denir. Özellikle literatürde çok kullanılan optimizasyon tekniği olarak karşımıza çıkan tek değişkenli optimizasyon yaklaşımının sergilediği birtakım dezavantajlardan dolayı bu tekniğin analitik prosedürün yeşil karakterine negatif etkide bulunduğunu düşünüyoruz. Çok değişkenli optimizasyon teknikleri ise bu durumun aksine, hem analitik olarak hem de yeşil profil anlamında çeşitli katkılar sağlamaktadır.

Tek değişkenli optimizasyonda, her deneyde sadece bir değişkenin seviyesi değiştirilir ve diğer değişkenlerin seviyeleri sabit tutulur. Çok değişkenli optimizasyon yaklaşımında ise herbir değişkenin seviyesindeki değişimin analitik modele katkısı izlenebilmektedir. Aynı zamanda deneysel değişkenlerin doğrusal, ikili ve karesel etkileşimlerinin etkilerini incelemek mümkündür. Bu, analitik prosedürün kalitesi için önemlidir. Çok değişkenli optimizasyon stratejisinde kullanılan Yüzey Yanıt Metodolojisiyle (RSM), ön denemelerde yapılan deneylerin sonuçları sisteme girilerek sistemden yapılacak deneylerin sonuçlarına ilişkin tahminler elde edilebilmektedir. Bu istatistiksel tahmin deneysel değişkenlere bağlı değişen analitik sinyalin polinom fonksiyonu olarak verilmektedir. Çok değişkenli optimizasyon yaklaşımları deney tasarım metotlarını içermektedir. Bunlar Merkezi Kompozit Tasarımı (CCD), Placket-Burrman Tasarımı, Box-Behnken Tasarımı (BBD) ve Doehlert Tasarımı gibi metotlardır. Deney tasarımı için ön denemeler yapılarak deneysel değişkenler ve bunların seviyelerinin sınırları belirlenir. Daha sonra sonuçlar sisteme girilir ve sistem yapılması gereken deneyleri tasarlar. Bu deneyler belirli sayıda olup genellikle az sayıdadır. Az sayıda deney yaparak sonuca ulaşmayı sağlamaktadır. Az sayıda deney yapmak ise hem kimyasal tüketimini ve maruziyetini, maliyeti ve enerji kullanımını azaltmaktadır [21, 22]. Hem çevre hem de sağlık açısından oluşabilecek riskler minimize edilmektedir. Aşağıda eritrosinin farklı örneklerden tayini için yapılan çalışmada kullanılan çok değişkenli optimizasyon yaklaşımına ilişkin veriler sınulmuştur [23].

Çizelge 1. CCD'ye ait değişkenler, birimleri ve sembolleri

Değişkenler	Sembol	Birim	Düşük	Orta	Yüksek	-α	+α
pH	A		5.5	8	10.5	4.75	11.25
DES-1 hacmi	B	µL	200	500	800	110	890
Sıcaklık	C	°C	30	37.5	45	27.75	47.25
Sonikasyon süresi	D	dk	3	5	7	2.4	7.6

Çizelge 2. CCD uygulanması sonucunda elde edilen veriler

Deney	A	B	C	D	Deneysel	Modelin
		µL	°C	dk	Geri Kazanım %	Geri kazanım %
1	5.5	200	45	7	69.1	70.24
2	10.5	800	45	7	78.4	79.35
3	8	500	37.5	5	74	74.84
4	8	500	37.5	7.6	67.5	67.27
5	10.5	200	45	7	74.8	74.82
6	10.5	800	30	7	80.2	80.10
7	8	500	37.5	5	74.8	74.84
8	5.5	800	30	3	78.2	77.73
9	5.5	200	30	3	72.4	72.32
10	5.5	800	30	7	97.9	98.21
11	5.5	200	45	3	77.3	76.95
12	5.5	800	45	3	81.2	82.38
13	10.5	200	30	3	72.8	73.61
14	8	500	37.5	5	74.2	74.84
15	5.5	200	30	7	83.8	83.53
16	11.25	500	37.5	5	73.1	72.10
17	10.5	800	45	3	86.2	86.02
18	10.5	800	30	3	69.1	68.84
19	8	500	37.5	5	74.9	74.84
20	8	500	27.75	5	81.2	81.63
21	8	500	47.25	5	85.6	84.16
22	8	110	37.5	5	83.2	82.17
23	8	500	37.5	5	75.2	74.84
24	8	500	37.5	5	73.6	74.84
25	10.5	200	30	7	75.9	75.59
26	8	500	37.5	2.4	65.1	64.32
27	8	890	37.5	5	88.6	88.62
28	4.75	500	37.5	5	74.9	74.89
29	5.5	800	45	7	86.2	84.94
30	10.5	200	45	3	90.2	90.76

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

Çizelge 3. Optimizasyon basamağından elde edilen verilerin ANOVA sonuçları

Kaynak	Kareler toplamı	df	Ortalama kare	F-değeri	p-değeri	
Model	1540.73	14	110.05	112.73	< 0.0001	Anlamlı
A	22.41	1	22.41	22.96	0.0002	
B	119.48	1	119.48	122.39	< 0.0001	
C	18.28	1	18.28	18.72	0.0006	
D	25.02	1	25.02	25.63	0.0001	
AB	103.53	1	103.53	106.05	< 0.0001	
AC	156.88	1	156.88	160.70	< 0.0001	
AD	85.10	1	85.10	87.17	< 0.0001	
BC	0.0006	1	0.0006	0.0006	0.9801	
BD	86.03	1	86.03	88.12	< 0.0001	
CD	321.31	1	321.31	329.13	< 0.0001	
A^2	4.37	1	4.37	4.47	0.0516	
B^2	271.07	1	271.07	277.67	< 0.0001	
C^2	157.91	1	157.91	161.76	< 0.0001	
D^2	198.67	1	198.67	203.51	< 0.0001	
Lack of Fit	12.77	10	1.28	3.40	0.0943	Anlamsız

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

Çizelge 4. Literatürdeki çalışmalarda kullanılan yeşil teknikler

Yeşil örnek hazırlama tekniği	Örnek	Analit	Tayin Tekniği	Referans
SPME	Akciğer dokusu	Yağ asitleri	GC-MS	[24]
SPME	İnsan idrarı	Aldehitler	HPLC	[25]
DLLME	Su ve gıda	Ni, Cu	FAAS	[26]
HF-LPME	Çin geleneksel ilaçları	Sinnamik asit türevleri	HPLC	[27]
LPME	Su ve kozmetik numuneler	Ponceau 4R	UV-Vis	[28]
SDME	PAH'lar	Çevresel sular	GC-MS	[29]

5. SONUÇLAR

Artan nüfusla birlikte birçok gelişme olmuştur. Modern çağdaki bu gelişmelerde hiç şüphesiz bilimin payı büyüktür. Bilimsel çalışmaların sayısı ve gerçekleşme hızı arttıkça kimya alanında da farklı analitik yöntemlerin gelişim hızı artmıştır. Bu durum kimyasal tüketimini, maruziyetini ve çevre kirliliğini artırmıştır. Birçok farklı çevre bu konuda ciddi endişeler dile getirmiştir. Duyulan endişeler tarihsel süreç içinde birçok olumlu sonucu doğurmuştur. Yeşil Analitik Kimya yaklaşımı çerçevesinde oluşturulan yöntemler ve bu yöntemlerin bileşenleri buna örnektir. Günümüzde nüfus artışı devam etmekte ve bilimsel çalışmalara olan ihtiyaç en az geçmişteki kadar devam etmektedir. Dolayısıyla bu bilimsel çalışmalarda kullanılacak yöntemler hem günümüz hem de geleceğimiz açısından önemlidir. Günümüzü ve geleceğimizi garanti altına almak için yeşil prosedürlerin geliştirilmesi ve bu prosedürlerin bileşenleri iyice kavranmalıdır. Bu bağlamda yapılacak analitik çalışmalar salt fayda olarak sonuç üretecektir.

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

KAYNAKLAR

[1] Malissa, H., & Roth, E. (1987). Euroanalysis VI: Reviews on Analytical Chemistry.

[2] de La Guardia, M., & Ruzicka, J. (1995). Guest editorial. Towards environmentally conscientious analytical chemistry through miniaturization, containment and reagent replacement. Analyst, 120(2), 17N-17N.

[3] Anastas, P. T. (1999). Green chemistry and the role of analytical methodology development. Critical reviews in analytical chemistry, 29(3), 167-175.

[4] Gałuszka, A., Migaszewski, Z., & Namieśnik, J. (2013). The 12 principles of green analytical chemistry and the SIGNIFICANCE mnemonic of green analytical practices. TrAC Trends in Analytical Chemistry, 50, 78-84.

[5] Armenta, S., Garrigues, S., Esteve-Turrillas, F. A., & de la Guardia, M. (2019). Green extraction techniques in green analytical chemistry. TrAC Trends in Analytical Chemistry, 116, 248-253.

[6] Namieśnik, J., & Szefer, P. (2008). Preparing samples for analysis-the key to analytical success. Ecol. Chem. Eng. S, 15(2), 167-244.

[7] Abu-Samra, A., Morris, J. S., & Koirtyohann, S. R. (1975). Wet ashing of some biological samples in a microwave oven. Analytical Chemistry, 47(8), 1475-1477.

[8] Pastor, A., Vázquez, E., Ciscar, R., & De la Guardia, M. (1997). Efficiency of the microwave-assisted extraction of hydrocarbons and pesticides from sediments. Analytica chimica acta, 344(3), 241-249.

[9] Brignole, E. A. (1986). Supercritical fluid extraction. Fluid Phase Equilibria, 29, 133-144.

[10] Hedrick, J. L., Mulcahey, L. J., & Taylor, L. T. (1992). Supercritical fluid extraction. Microchimica Acta, 108, 115-132.

[11] Phelps, C. L., Smart, N. G., & Wai, C. M. (1996). Past, present, and possible future applications of supercritical fluid extraction technology. Journal of chemical education, 73(12), 1163.

[12] Richter, B. E., Jones, B. A., Ezzell, J. L., Porter, N. L., Avdalovic, N., & Pohl, C. (1996). Accelerated solvent extraction: a technique for sample preparation. Analytical chemistry, 68(6), 1033-1039.

[13] Spietelun, A., Marcinkowski, Ł., de la Guardia, M., & Namieśnik, J. (2014). Green aspects, developments and perspectives of liquid phase microextraction techniques. Talanta, 119, 34-45.

[14] Pena-Pereira, F., Lavilla, I., & Bendicho, C. (2010). Liquid-phase microextraction techniques within the framework of green chemistry. TrAC Trends in Analytical Chemistry, 29(7), 617-628.

[15] Armenta, S., Garrigues, S., & de la Guardia, M. (2015). The role of green extraction techniques in Green Analytical Chemistry. TrAC Trends in Analytical Chemistry, 71, 2-8.

[16] Arthur, C. L., & Pawliszyn, J. (1990). Solid phase microextraction with thermal desorption using fused silica optical fibers. Analytical chemistry, 62(19), 2145-2148.

[17] Liu, H., & Dasgupta, P. K. (1996). Analytical chemistry in a drop. Solvent extraction in a microdrop. Analytical Chemistry, 68(11), 1817-1821.

[18] Gałuszka, A., Migaszewski, Z. M., Konieczka, P., & Namieśnik, J. (2012). Analytical Eco-Scale for assessing the greenness of analytical procedures. TrAC Trends in Analytical Chemistry, 37, 61-72.

[19] Płotka-Wasylka, J. (2018). A new tool for the evaluation of the analytical procedure: Green Analytical Procedure Index. Talanta, 181, 204-209.

[20] Pena-Pereira, F., Wojnowski, W., & Tobiszewski, M. (2020). AGREE—Analytical GREEnness metric approach and software. Analytical chemistry, 92(14), 10076-10082.

[21] Anderson, M. J., & Whitcomb, P. J. (2016). RSM simplified: optimizing processes using response surface methods for design of experiments. Productivity press.

[22] Khuri, A. I., & Mukhopadhyay, S. (2010). Response surface methodology. Wiley interdisciplinary reviews: Computational statistics, 2(2), 128-149.

[23] Fesliyan, S., & Elik, A. (2024). A deep eutectic solvent-based microextraction method for the extraction of Erythrosine from complex samples: statistical approach. Journal of Food Composition and Analysis, 135, 106605.

[24] Cha, D., Liu, M., Zeng, Z., & Zhan, G. (2006). Analysis of fatty acids in lung tissues using gas chromatography–mass spectrometry preceded by derivatization-solid-phase microextraction with a novel fiber. Analytica chimica acta, 572(1), 47-54.

[25] Liu, F., & Xu, H. (2017). Development of a novel polystyrene/metal-organic framework-199 electrospun nanofiber adsorbent for thin film microextraction of aldehydes in human urine. *Talanta*, *162*, 261-267.

[26] Elik, A., Haq, H. U., Boczkaj, G., Fesliyan, S., Ablak, Ö., & Altunay, N. (2024). Magnetic hydrophobic deep eutectic solvents for orbital shaker-assisted dispersive liquid-liquid microextraction (MAGDES-OS-DLLME)-Determination of nickel and copper in food and water samples by FAAS. Journal of Food Composition and Analysis, 125, 105843.

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

[27] Zhang, S. M., Zhang, X. X., Chen, X., Hu, S., & Bai, X. H. (2020). Deep eutectic solvent-based hollow fiber liquid-phase microextraction for quantification of Q-markers of cinnamic acid derivatives in traditional Chinese medicines and research of their plasma protein binding rates. Microchemical Journal, 155, 104696.

[28] Shah, S. N., Uzcan, F. U. R. K. A. N., & Soylak, M. U. S. T. A. F. A. (2022). Ultrasound-assisted deep eutectic solvent microextraction procedure for traces Ponceau 4R in water and cosmetic samples. International Journal of Environmental Science and Technology, 1-8.

[29] Mehravar, A., Feizbakhsh, A., Sarafi, A. H. M., Konoz, E., & Faraji, H. (2020). Deep eutectic solvent-based headspace single-drop microextraction of polycyclic aromatic hydrocarbons in aqueous samples. Journal of Chromatography A, 1632, 461618.

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

KAHVE VE FARKLI GIDA ÖRNEKLERİNDEN Pb VE Cd AĞIR METALLERİN MİKROEKSTRAKSİYONUNDA YEŞİL ÇÖZÜCÜLERİN KULLANIMI

USE OF GREEN SOLVENTS IN THE MICROEXTRACTION OF HEAVY METALS Pb AND Cd FROM COFFEE AND DIFFERENT FOOD SAMPLES

Arş. Gör. Seçkin FESLİYAN[1], Prof. Dr. Adil ELİK[2], Prof. Dr. Nail ALTUNAY[3],

[1]Kimya Bölümü, Fen Fakültesi, Sivas Cumhuriyet Üniversitesi, Sivas/Türkiye
seckinf@cumhuriyet.edu.tr, ORCID ID: 0009-0003-3584-3868

[2]Kimya Bölümü, Fen Fakültesi, Sivas Cumhuriyet Üniversitesi, Sivas/Türkiye
elik@cumhuriyet.edu.tr, ORCID ID: 0000-0002-3942-4711

[3]Kimya Bölümü, Fen Fakültesi, Sivas Cumhuriyet Üniversitesi, Sivas/Türkiye
naltunay@cumhuriyet.edu.tr, ORCID ID: 0000-0001-9053-7570

ÖZET

Ağır metaller ekolojik sistemler için önemli kirleticilerdendir. Endüstriyel, doğal ve tarımsal faaliyetler sonucu farklı ekosistemlere geçiş yapan bu kirleticiler dolaylı yollardan canlıların biyolojik sistemlerine giriş yapmaktadır. Birçoğu sinirsel bozukluklara, solunum ve deri rahatsızlıklarına ve DNA hasarına sebep olan bu tehlikeli türlerin alımları ile ilgili düzenleyici sınır getirilmiştir. Pb ve Cd toksik ağır metallerden olup düşük seviyelerdeki maruziyetleri bile ciddi sorunlara yol açmaktadır. Pb ve Cd başta çeşitli kahveler olmak üzere birçok gıda maddesinde yer almaktadır. Oluşabilecek sorunların önüne geçmek için, Pb ve Cd'nin bu maddelerden oluşan örnek matrislerinden tayinine ilişkin analitik prosedürler geliştirmek önemlidir. Bu doğrultuda yapılan çalışmalarda farklı analitik tekniklerin kullanımı yer almaktadır. Karmaşık örnek matrislerinde yer alan Pb ve Cd aynı zamanda bu örneklerin içerisinde eser veya ultra eser derişimlerde bulunmaktadır. Bu durumda, geliştirilen analitik prosedürlerin seçiciliği, doğruluğu ve duyarlılığı matris etkisinin ortadan kaldırılmasına ve kompleks örnek ortamından analitin etkin bir şekilde tayinine bağlıdır. Bu kriterleri karşılamak için ayırma ve zenginleştirme teknikleri analitik prosedüre dahil edilmektedir. Mikroekstraksiyon teknikleri, klasik ekstraksiyon tekniklerinin çevre ve insan sağlığı açısından sergilediği riskler dolayısıyla bu tekniklere alternatif olarak kullanılan önemli ayırma ve zenginleştirme teknikleridir. Mikroekstraksiyon teknikleri özellikle minimal profilleriyle öne çıkmaktadır. Bu teknikler, kullanılan çözücülerin düşük toksisiteli olmaları ve çevre açısından risk unsuru barındırmamaları sebebiyle günümüzde araştırmacıların ilgi odağı konumundadır. Mikroekstraksiyon tekniklerinde kullanılan çözücüler genellikle yeşil çözücüler başlığı altında toplanmaktadır. Mikroekstraksiyon tekniklerinin zararsız doğasının ve analitik verimliliğinin

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

büyük bir payı yeşil çözücülere atfedilebilmektedir. Bu çalışmada, Pb ve Cd ağır metallerinin yer aldığı kahve ve diğer gıda örneklerinin yeşil çözücü destekli mikroekstraksiyonunu içeren prosedürler ve bu prosedürleri oluşturan bileşenler hakkında bilgiler okuyucuya aktarılacaktır. Ayrıca, literatürdeki farklı çalışmalardan ve bu mevcut çalışmada emeği geçen araştırmacıların yer aldığı çalışmalardan örnekler okuyucuya sunulacaktır.

Anahtar Kelimeler: Ağır metaller, gıda örnekleri, mikroekstraksiyon teknikleri, yeşil çözücüler, kahve örnekleri

ABSTRACT

Heavy metals are important pollutants for ecological systems. These pollutants, which pass to different ecosystems as a result of industrial, natural and agricultural activities, enter the biological systems of living beings indirectly. Regulatory limits have been set for the intake of these dangerous species, many of which cause neurological disorders, respiratory and skin disorders and DNA damage. Pb and Cd are toxic heavy metals and even low-level exposures cause serious problems. Pb and Cd are found in many food products, especially various coffees. In order to prevent possible problems, it is important to develop analytical procedures for the determination of Pb and Cd from sample matrices consisting of these substances. In this direction, the use of different analytical techniques is included in the studies conducted. Pb and Cd in complex sample matrices are also found in trace or ultra-trace concentrations in these samples. In this case, the selectivity, accuracy and sensitivity of the developed analytical procedures depend on the elimination of the matrix effect and the effective determination of the analyte from the complex sample environment. In order to meet these criteria, separation and enrichment techniques are included in the analytical procedure. Microextraction techniques are important separation and enrichment techniques used as an alternative to classical extraction techniques due to the risks they pose to the environment and human health. Microextraction techniques stand out especially with their minimal profiles. These techniques are currently the focus of researchers' attention due to the low toxicity of the solvents used and the fact that they do not pose a risk to the environment. The solvents used in microextraction techniques are generally grouped under the title of green solvents. A large share of the harmless nature and analytical efficiency of microextraction techniques can be attributed to green solvents. In this study, information about the procedures involving green solvent-assisted microextraction of coffee and other food samples containing heavy metals Pb and Cd and the components that constitute these procedures will be conveyed to the reader. In addition, examples from different studies in the literature and from studies in which the researchers who contributed to this current study took part will be presented to the reader.

Keywords: Heavy metals, food samples, microextraction techniques, green solvents, coffee samples

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

1. GİRİŞ

Analitik kimya, ağırlıklı olarak yeni yöntemlerin geliştirilmesiyle organik veya inorganik analitlerin farklı örnek gruplarından tayinine odaklanmaktadır. Analitik süreç olarak da adlandırılabilen bu dinamizm, birçok farklı bileşeni içerdiği için komplike bir yapıya sahiptir. Analitik süreçte işleme alınan inorganik türlerin en bilineni de ağır metallerdir. Ağır metallerin bu kadar bilinir olmaları şüphesiz ki çevre ve insan sağlığı üzerindeki negatif etkilerinden dolayıdır. Ağır metaller doğal veya insan faaliyetlerinden kaynaklı süreçler sonucunda farklı ekosistemlere geçiş yapmaktadır. Ağırlıklı olarak besin zinciri yoluyla canlıların yapısına katılan bu analitik türler birçok olumsuz etkiye sebebiyet vermektedir. Besin zincirine dahil olan birçok gıda örneğinin farklı ağır metal içerikleri yapılan farklı çalışmalarla ortaya konulmuştur [1-3]. Dolayısıyla doğru, güvenilir ve hassas analitik yöntemlerle ağır metallerin çeşitli gıda örneklerinden tayinine ihtiyaç vardır. 1990'lı yılların ortalarında, kullanılan analitik prosedürlerin yüksek miktarda çözücü ve enerji kullanımını gerektirmesi ve zaman sarfiyatına sebep olması çevresel ve sağlık endişelerini doğurmuştur [4, 5]. Bu endişelerin sonucunda analitik prosedürlerin yeşilleşmesine ilişkin yeni bir süreç başlamıştır. Dolayısıyla analitik prosedürde elde edilecek analitik parametrelerin kalitesi kadar bu prosedürün çevre ve sağlık üzerindeki etkileri de önemlidir. Analitik prosedürlerde yeşil profil arayışı özellikle analitik prosedürün darboğazı olarak görülen örnek hazırlama tekniklerinde etkili olmuştur. Bu süreç içerisinde birçok örnek hazırlama tekniği gelişmiş olsa da, en büyük etki klasik ekstraksiyon tekniklerinin alternatifi olarak ortaya çıkan mikroekstraksiyon teknikleri ile gerçekleşmiştir. Mikroekstraksiyon tekniklerine özellikle, farklı türleri içerisinde barındıran ve oldukça karmaşık yapıdaki gıda örneklerinden hedef analitin ayrılması ve zenginleştirilmesi için gereksinim duyulmaktadır. Mikroekstraksiyon teknikleri, bu tekniklerinde uygulanmasında kullanılan çözücülerin yeşil doğası ile ön plana çıkmaktadır. Aynı zamanda bu çözücüler analitik sonuçların kalitesi açısından da fayda sağlamaktadır. Tüm bu anlatılanlar göz önünde bulundurulduğunda, yeşil analitik prosedürlerin bilhassa ağır metaller gibi toksik analitik türlerin gıda örneklerinden tayininde ne kadar önemli olduğu ortaya çıkmaktadır. Mevcut çalışmada Pb ve Cd gibi toksik ağır metallerin de dahil olduğu farklı ağır metal türlerinin gıda örneklerinden analizi için geliştirilen analitik prosedürlerin bileşenleri hakkında okuyucuya bilgi verilmiştir. Ayrıca bu konuya dair yapılan literatür çalışmalarından örnekler okuyucuya sunulmuştur.

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

2. AĞIR METALLER

2.1. Ağır Metallerin Türleri ve Etkileri

Ağır metaller ile ilgili yapılan birçok tanımlama olsa da, yaygın olarak i yoğunluğu 5 g cm^{-3}'ten daha büyük olan metallere ağır metal denilmektedir [6]. Ağır metaller, artan insan nüfusu sonucunda hızlı kentleşme, arazi kullanımındaki değişiklikler, endüstriyel faaliyetler, biyolojik süreçler ve volkanik olaylar sonucunda ekosistemleri kirletmektedir [7, 8].

Ağır metaller toksikolojileri ve biyolojik sistemlerdeki farklı reaksiyonlara katılmalarına göre iki gruba ayrılmıştır. Bunlar toksik ağır metaller (As, Hg, Cd, Pb, Cr gibi) ve esansiyel ağır metallerdir (Zn, Fe, Cu, Mn gibi). Esansiyel ağır metallerin biyolojik sistemler için gerekli olsalarda aşırı miktarları canlı organizmada birikebilmektedir. Bu ise toksik etki yaratmaktadır. Toksik ağır metaller sınıfında yer alan ağır metaller ise düşük derişimlerde bile ciddi rahatsızlıklara sebep olmaktadır. Bu bozukluklar ağır metalin türüne göre değişse de genel olarak karsinojenik etkiler, deri ve solunum sistemi rahatsızlıkları, üriner ve kardiyovasküler bozukluklar görülebilmektedir. Toksik ağır metallerin aşırı alımları ölümle de sonuçlanabilmektedir [9]. Ağır metaller sadece canlılar için çevre için de ciddi risk teşkil etmektedir. Çevre Koruma Ajansı (EPA) ağır metalleri öncelikli kirleticiler olarak tanımlamıştır [10]. Ayrıca EPA ve Toksik Madde ve Hastalık Kayıt Ajansı (ATSDR) tehlikeli maddelerin ilk 20 listesine toksik ağır metalleri yerleştirmiştir [11]. Ağır metallerin sebep olduğu bu olumsuz etkilerden dolayı, farklı kurumlar tarafından ağır metal alımına sınır değer konulmuştur (Çizelge 1.).

Çizelge 1. Ağır metallerin tolere edilebilir günlük alım değerleri [12]

Ağır Metaller	Derişim (mg kg^{-1} vücut ağırlığı)	Kurum
Ni	0,0028	EFSA
Pb	0,0005	WHO/FAO
Cr	0,3	EFSA
Co	0,023	EFSA
Zn	0,43	SCF
Fe	0,8	EFSA, FAO/WHO
Mn	8	EFSA

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

2.2. Gıdalarda Ağır Metaller

Gıdalardaki ağır metallerin içeriği, gıdanın endüstriyel süreçlerden (paketleme, çeşitli işlemlere maruziyet gibi) dolayı olabilse de temelde toprağın kirlenmesinden kaynaklanmaktadır. Toprak ise noktasal kaynaklar (termik santraller, altın madenleri, deri, klor-alkali endüstrileri ve tekstil endüstrisi gibi) ve noktasal olmayan kaynaklar (toprak erozyonu ve tarımdan dönen sular) tarafından kirletilmektedir [13-15].

Çizelge 2. Çeşitli ülkelerde farklı kaynaklarla kirlenen gıda ürünlerinin ağır metal içerikleri [15]

Gıda türü (tahıllar, meyveler, sebzeler, vb.)	Araştırılan ülke	Ağır metal kirletici kaynağı	Metal derişimi (kuru ağırlık)
Ispanak	Hindistan	Yetersiz arıtılan kanalizasyon suyu	Cu 0.09 mg/kg Cr 2.9 mg/kg Pb 3.1 mg/kg Zn 10 mg/kg Ni 3.2 mg/kg
Turp	Çin	Yetersiz arıtılmış atık su	Cu 0.34 mg/kg Cr 0.03 mg/kg Pb 0.07 mg/kg Cd 0.012 mg/kg Zn 2.48 mg/kg Ni 0.07 mg/kg
Endüstriyel olarak işlenmiş gıda maddeleri (örneğin şekerleme) ve ilaçlar	USA, İspanya, Portekiz, Belçika, İngiltere, Şili	Endüstriler/gıda işleme endüstrileri/modern pestisitlere dayalı tarım	Cr (0.10–17.7 ppm), Ni (0.01–7.01 ppm), Cu (0.01–6.44 ppm), Zn (0.01–6.44 ppm) Pb (0.03–7.21 ppm)
Patates	Çin	Yetersiz arıtılmış kentsel atık su	Cu 1.03 mg/kg Cr 0.03 mg/kg Pb 0.067 mg/kg Cd 0.015 mg/kg Zn 3.77 mg/kg Ni 0.054 mg/kg
Marul	USA (Florida)	-	As 27.3 mg/kg
Soya fasulyesi	Arjantin	Toprakta pil endüstrisi atıkları	Pb ve Zn (izin verilen sınırların çok üzerinde)
Buğday, domates, turp, ıspanak, patlıcan, havuç, sarımsak, kişniş, bamya	Pakistan	Metalle kirlenmiş yeraltı suyu	Cr > 0.18 mg/kg Pb 0.91–3.96 mg/kg

Dünyada en çok tüketilen içeceklerden biri olan kahve, farklı türleriyle her yaş grubu için sevilen bir içecektir. Kahve ruhsal olarak rahatlamaya sebep olduğu gibi, DNA hasar

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

seviyelerini azaltma, Parkinson ve Alzheimer hastalıklarına karşı koruma sağlama gibi önemli etkilerinin olabileceği bildirilmiştir. Ayrıca karaciğer, kolorektal ve prostat kanseri ile beyin tümörleri riskini azaltabilmektedir. İçerdiği antioksidan seviyelerinden dolayı oksidatif strese karşı koruyucu olduğu belirtilmektedir [16]. Kahveler ağır metal içerebilmektedir. Bu durum çevre kirliliği, çiğ kahve çekirdeklerinin kirlenmesinden, üretimleri sırasında yüzey ve kullanılan kapların kirlenmesinden veya kahve içimine dahil olan ek bileşenlerin kirlenmesinden kaynaklı olabilmektedir [17]. Farklı kahve örneklerin ağır metal içeriğine ilişkin yapılan çalışmalarda bu örneklerin Pb ve Cd ağır metallerini içerdiği saptanmıştır. Bu iki metalde birçok sağlık sorununa sebep olmaktadır. Kurşun deri, solunum ve sindirim sistemi tarafından emilip, oksidan-antioksidan dengesini bozarak iltihaba sebep olmaktadır. Ayrıca nörolojik, üriner ve kardiyovasküler rahatsızlıklara yol açmaktadır. Kadmiyum ise karsinojenik etkisi ile bilinmektedir. Dahası böbrek ve akciğer hastalıklarına sebebiyet vermektedir [9].

3. AĞIR METALLERİN ESER ANALİZİ VE ZENGİNLEŞTİRİLMESİ

Ağır metallerin çevre ve sağlık üzerindeki etkileri dolayısıyla en çok maruziyet kaynağı olan gıda örneklerinden doğru, güvenilir ve seçici analitik tayinlerinin yapılması elzemdir. Bu gerçekleştiğinde, ağır metal alımlarının kontrol edilmesi mümkün olabilmektedir. Ayrıca kalite kontrol ve tüketici bilinci açısından da bu durum gerekmektedir. Bunun için ağır metallerin farklı gıda örneklerinden tayini için birçok analitik teknik kullanılmıştır. Bunlar genelde, yüksek performanslı sıvı kromatografisi (HPLC), alevli atomik absorpsiyon spektrofotometrisi (FAAS), mor ötesi-görünür bölge spektrofotometrisi (UV-Vis), indüktif eşleşmiş plazma-kütle spektrometresi (ICP-MS), elektroanalitik teknikler (voltammetri vb.) gibi teknikler olarak karşımıza çıkmaktadır.

Ağır metallerin analitik tayininde gelişmiş enstrümanlar kullanılsa da, genelde ağır metallerin direkt tayini zordur. Ağır metaller çoğunlukla örnek içerisinde eser (< 1 ppm) veya ultra eser (< 1 ppb) seviyelerde bulunmaktadır [18]. Gıda örnekleri gibi örneklerin ortamı birçok farklı türü barındırmaktadır. Dolayısıyla zaten kendisi karmaşık yapıda olan örnek ortamından çok düşük derişimlerdeki hedef analit olan ağır metalin direkt tayini oldukça zordur. Bunun için seçiciliğin artırılması gerekmektedir. Bu amaçla, birçok ayırma ve zenginleştirme tekniği kullanılmaktadır.

Ayırma ve zenginleştirme teknikleri analitik sürecin en önemli aşamalarından biridir. Bu tekniklerden en çok kullanılanı ise ekstraksiyon teknikleri olmuştur. Ekstraksiyon teknikleri eski zamanlarda birçok çalışmada kullanılsa da bu teknikler toksik çözücülerin yüksek miktarlarda kullanımını içeriyordu. Dahası bu tekniklerin uygulanması için gereken zaman fazla olduğu gibi enerji kullanımı da fazlaydı [19]. Bu gibi dezavantajlardan dolayı 1990'lı yıllarda, örnek miktarının azaldığı, kullanılan çözücülerin mikrolitreler düzeyine indiği basit ve minyatür doğaya sahip mikroekstraksiyon tekniklerinin kullanımı hız kazanmıştır. Mikroekstraksiyon teknikleri, yüksek ekstraksiyon verimi sağladığı gibi birçok açıdan yenilikçidir [20, 21]. Bu tekniklerle zamandan, maliyetten ve enerji kullanımından tasarruf sağlanmaktadır. Mikroekstraksiyon teknikleri genel olarak katı faz mikroekstraksiyonu (SPME) ve sıvı faz mikroekstraksiyonu (LPME) olmak üzere iki başlık altında incelenir.

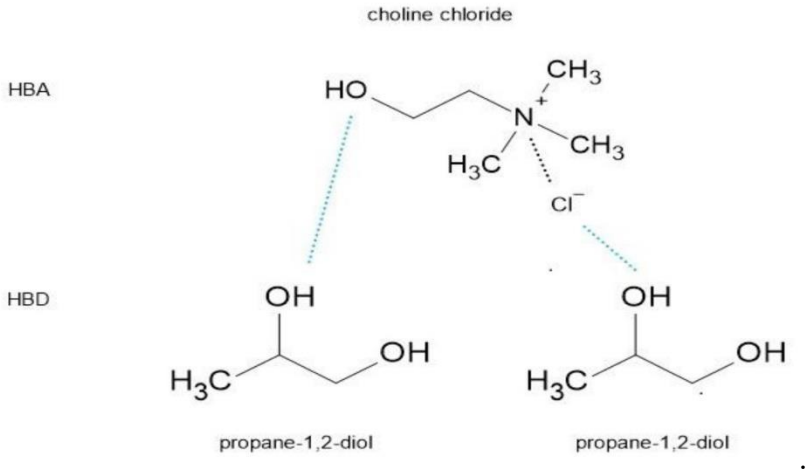
ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

4. YEŞİL ÇÖZÜCÜLER

Mikroekstraksiyon tekniklerinde çözücünün rolü büyüktür. Uygun bir çözücü hedef analitle güçlü etkileşime girerek analiti kendi fazına almaktadır. Bu durumda ayırma iyi bir şekilde gerçekleşmektedir. Mikroekstraksiyon tekniklerinde kullanılan çözücüler ‘’yeşil çözücüler’’ başlığı altında toplanmıştır. Bunun sebebi bu çözücülerin çözme gücünün yüksek olmasının yanı sıra, düşük toksisiteli veya hiç toksik olmayan, düşük buhar basınçlı, düşük maliyetli, kolay hazırlanabilen, ayarlanabilir ve çevre dostu özellikte olmalarından dolayıdır [22].

4.1. Derin Ötektik Çözücüler

Derin ötektik çözücüler (DES’ler) hidrojen bağı alıcısı (HBA) ve hidrojen bağı vericisi (HBD) olarak nitelendirilen bir veya daha fazla bileşenin belirli bir sıcaklık ve uygun molar oranda karıştırılmasıyla oluşmaktadır. Molar oran, ilgili DES’in özelliklerini, yani çözme gücünü belirlemektedir. DES’ler bileşenlerinin hidrojen bağı aracılığıyla birleşmesiyle oluşur. Bu oluşum sırasında herhangi bir yan ürün, atık vb. oluşmaz. Yüksek çözme gücüne sahip olan DES’lerin bileşenleri ayarlanabilir özelliktedir. DES’ler ayrıca, biyobozunur, düşük toksisiteli ve düşük buhar basınçlıdır. DES’lerin bileşenleri paramanyetik maddelerle (FeCl3, MnCl2, CoCl2 gibi) birleştirilerek manyetik derin ötektik çözücüler (MDES’ler) elde edilebilmektedir. Ayrıca bileşenleri doğal kaynaklardan oluşan ve doğal derin ötektik çözücü (NADES) olarak adlandırılan DES türü de mevcuttur. DES’lerde HBA olarak kuaterner amonyum tuzları, HBD olarak ise alkoller, şekerler, karboksilik asitler kullanılabilmektedir [23-26]



Görsel 1. HBA ve HBD’den DES oluşumu [27]

Elik ve Altunay tarafından yapılan bir çalışmada [28], kahve ürünlerinden Cd, Pb gibi toksik ağır metaller ve bazı esansiyel metallerin tayini amaçlanmıştır. Ağır metallerin FAAS ile tayini öncesinde ayrılması ve zenginleştirilmesi için girdap destekli hidrofobik derin ötektik çözücü temelli dağıtıcı sıvı faz mikroekstraksiyonu kullanılmıştır. Bu çalışmada 5 farklı derin ötektik

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

çözücünün etkinliği test edilmiş ve en iyi verim fenil asetik asit:dimetilglisin (1:1) karışımından oluşan DES ile elde edilmiştir. Deneysel parametrelerin optimizasyonu sonucunda, optimum koşullarda 0,03 ila 280 µg kg^{-1} aralığında bir doğrusal aralık elde edilmiştir. Cd (II) ve Pb (II) iyonları için tespit limitleri (LOD) 0,015 ve 0,18 µg kg^{-1} olarak hesaplanmıştır. Yöntemin doğruluk çalışamaları standart referans materyallerin analizlenmesiyle yapılmış ve referans değerlere oldukça yakın sonuçlar elde edilmiştir.

4.2. İyonik Sıvılar

İyonik sıvılar (IL'ler), yeşil çözücülerin önemli bir üyesidir. Bu çözücüler, iyonik çözeltiden farklı olarak tamamen iyonlardan oluşan sıvılara denmektedir. IL'ler, yüksek termal kararlılığa, düşük erime noktasına, düşük yanıcılığa ve ihmal edilebilir buhar basıncına sahiptir. Birçok türden analit için üstün çözme yeteneği sergileyen bu çözücüler sıklıkla kullanılmaktadır. Geniş bir sıcaklık aralığında sıvı olan bu çözücülerin viskoziteleri ve hidrofilik özellikleri ayarlanabilmektedir. 1-alkil-3-metilimidazolyum, trialkilsülfonyum gibi bileşikler sıklıkla katyon; hekzaflorofosfat, alkilsülfat gibi bileşikler ise sıklıkla anyon olarak kullanılmaktadır [29, 30].

Literatürdeki bir çalışmada [31], Cd ve Pb ağır metallerinin farklı şarap örneklerinden elektrotermal atomik absorpsiyon spektrometrisi (ETAAS) ile tayini öncesinde dağıtıcı sıvı-sıvı mikroekstraksiyonu (DLLME) ile ekstraksiyonu amaçlanmıştır. Ekstraksiyon çözücüsü olarak 1-Butil-3-metilimidazolium hekzaflorofosfat ($BmimPF_6$) kullanılan bü yöntemle, Cd ve Pb için sırasıyla 0,01 ve 0,08 µg L^{-1} tespit sınırları elde edilmiştir.

4.3. Supramoleküler Çözücüler

Supramoleküler çözücüler (SUPRAS) amfifilik moleküllerin kendi kendine organizasyonu sonucu oluşturdukları nano yapılı sıvılardır. Amfifiller kritik misel konsantrasyonu üzerinde kendiliğinden birleşir ve üç boyutlu misel, ters misel ve veziküller gibi yapıları oluşturmaktadır. Amfifil molekülleri yapılarında hem hidrofilik (baş kısmı) hem de hidrofobik (kuyruk kısmı) grubu içerdiği için SUPRAS'ı oldukça avantajlı kılmaktadır. Bu durum farklı özellikteki birçok analit grubu için çözünürlük vadetmeyi sağlamaktadır. Amfifiller düşük maliyetli ve aynı zamanda SUPRAS hazırlamak oldukça kolaydır. Uçucu olmayan bu çözücülerin polariteleri ayarlanabilir özelliktedir. SUPRAS elde etmede alkoller ve karboksilik asitler kullanılabilmektedir [32-34].



Görsel 2. Misel (A) ve ters misel (B) yapıları [35]

Rastegar ve çalışma arkadaşları [36], gıda örneklerinden eser miktardaki kurşun ekstraksiyonu için supramoleküler çözücülü dağıtıcı sıvı-sıvı mikroekstraksiyonu kullanmıştır. SUPRAS olarak tetrahidrofuran (THF) ve 1-dekanol karışımı ile oluşan ters misellerden faydalanılmıştır. Ekstraksiyondan sonra hedef analitlerin tayini için ise FAAS kullanılmıştır. Optimum yöntemle kurşun iyonu için 0,4 μg L^{-1} LOD elde edilmiştir. Ayrıca bağıl standart sapmalar ise %4,8- %4,1 aralığında hesaplanmıştır.

4.4. Değiştirilebilir Hidrofilik Çözücüler

Değiştirilebilir hidrofilik çözücüler (SHS'ler), sulu çözelti CO_2 yokken hidrofobik olan, CO_2 ilavesiyle hidrofilik yapıya geçebilen çözücülere denilmektedir. Farklı özelliğe geçmeyi sağlayan CO2 burada tetikleyici olarak adlandırılmaktadır. CO_2, kolay uzaklaştırılabilmesi ve olumsuz özelliklere sahip olmaması sebebiyle sıklıkla kullanılmaktadır. SHS oluşumunda su ile birleşme aşamasında geniş bir yüzey alan oluşması sayesinde çoğu analitin ekstraksiyonunda avantaj sağlar. Ürün ve çözücü ayrımı için de ilave bir ayırma prosedürü gerekmez. Ayrıca SHS'ler toksik bir prosedür oluşumunun da önüne geçer. SHS elde etmede, trietilamin, N-etilpiperidin gibi bazı aminle kullanıldığı gibi; oktanoik nonanoik ve dekanoik asit gibi doymuş yağ asitleri de kulalnılmaktadır [37-39].

Konserve gıda örneklerinden Pb ve Cd tayinini amaçlayan bir çalışmada [40], hedef analitler efervesan tablet destekli değiştirilebilir çözücü bazlı sıvı faz mikroekstraksiyonu ile ayrıldıktan sonra FAAS ile tayin edilmiştir. SHS olarak trietilamini tetikleyici olarak ise CO_2 kullanılmıştır. Önerilen yöntemin LOD'leri 0,0195 mg L^{-1} (Pb) ve 0,0068 mg L^{-1} (Cd) olmuştur. Ayrıca kalibrasyon aralıkları 0,06 ila 10,0 mg L^{-1} (Pb) ve 0,02 ila 1,50 mg L^{-1} (Cd) arasında hesaplanmıştır.

5. SONUÇ

Ağır metaller farklı kurumlar tarafından önemli çevre kirleticiler olarak tanımlandığı gibi ayrıca insan sağlığı açısından birçok risk teşkil etmektedir. Bahsi geçen zararların ve risk unsurlarının ortadan kaldırılması için, geçmişte olduğu kadar günümüzde de ağır metallerin farklı örnek gruplarındaki içeriğinin belirlenmesine ihtiyaç vardır. Bu ise duyarlı, doğru ve seçici analitik prosedürlerin geliştirilmesiyle mümkün olmaktadır. Çevre ve insan sağlığı ile ilgili ortaya çıkan endişeler göz önünde bulundurularak, günümüzde de ilgi odağı olan yeşil prosedürlerin kullanımı, hem çevre bilincinin kazandırılması hem de bilimsel kalitenin sağlanması açısından oldukça önemlidir. Gün geçtikçe artan birçok sebep dolayısıyla gelecekte de çevre ve insan sağlığı ile ilgili endişelerin gündeme gelebileceği varsayımında bulunmak genel çerçevede mümkündür. Dolayısıyla mevcut çalışmada aktarılan bilgiler çevre bilincinin oluşması ve çevre ve sağlık için risk oluşturmayan analitik prosedürlerin gelecekte de kullanılması için gereken motivasyonun sağlanması açısından da oldukça önemlidir.

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

TEŞEKKÜR

Mevcut çalışma, F-2024-704 kodlu araştırma projesi kapsamında Sivas Cumhuriyet Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Komisyonu tarafından finansal olarak desteklenmiştir.

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

KAYNAKLAR

[1] Wang, L., Peng, X., Fu, H., Huang, C., Li, Y., & Liu, Z. (2020). Recent advances in the development of electrochemical aptasensors for detection of heavy metals in food. Biosensors and Bioelectronics, 147, 111777.

[2] Lee, J. G., Hwang, J. Y., Lee, H. E., Kim, T. H., Choi, J. D., & Gang, G. J. (2019). Effects of food processing methods on migration of heavy metals to food. Applied Biological Chemistry, 62, 1-10.

[3] Devkota, B., & Schmidt, G. H. (2000). Accumulation of heavy metals in food plants and grasshoppers from the Taigetos Mountains, Greece. Agriculture, ecosystems & environment, 78(1), 85-91.

[4] de La Guardia, M., & Ruzicka, J. (1995). Guest editorial. Towards environmentally conscientious analytical chemistry through miniaturization, containment and reagent replacement. Analyst, 120(2), 17N-17N.

[5] Anastas, P. T. (1999). Green chemistry and the role of analytical methodology development. Critical reviews in analytical chemistry, 29(3), 167-175.

[6] ORAL, E. V. (2023). Saçlarda Biriken Ağır Metallerin Analizleri ile İlgili Yöntem ve Uygulamalar. International Journal of Health and Applied Science, 1(1), 1-13.

[7] Latare, A. M., Kumar, O., Singh, S. K., & Gupta, A. (2014). Direct and residual effect of sewage sludge on yield, heavy metals content and soil fertility under rice–wheat system. Ecological engineering, 69, 17-24.

[8] Un-Habitat. (2004). The State of the World's Cities: Globalization and Urban Culture.

[9] Martin, S., & Griswold, W. (2009). Human health effects of heavy metals. Environmental Science and Technology briefs for citizens, 15(5), 1-6.

[10] Wang, S., Wu, W., & Liu, F. (2019). Assessment of the human health risks of heavy metals in nine typical areas. Environmental Science and Pollution Research, 26, 12311-12323.

[11] ATSDR, F. O. (2012). Toxicological profile for cadmium. *Atlanta, GA*.

[12] Asomugha, R. N., Udowelle, N. A., Offor, S. J., Njoku, C. J., Ofoma, I. V., Chukwuogor, C. C., & Orisakwe, O. E. (2016). Heavy metals hazards from Nigerian spices. Roczniki Państwowego Zakładu Higieny, 67(3).

[13] Gall, J. E., Boyd, R. S., & Rajakaruna, N. (2015). Transfer of heavy metals through terrestrial food webs: a review. *Environmental monitoring and assessment*, *187*, 1-21.

[14] Rai, P. K. (2018). Phytoremediation of emerging contaminants in wetlands. CRC Press.

[15] Rai, P. K., Lee, S. S., Zhang, M., Tsang, Y. F., & Kim, K. H. (2019). Heavy metals in food crops: Health risks, fate, mechanisms, and management. Environment international, 125, 365-385.

[16] Adler, G., Nędzarek, A., & Tórz, A. (2019). Concentrations of selected metals (Na, K, Ca, mg, FE, CU, Zn, al, Ni, PB, cd) in coffee. Slovenian Journal of Public Health, 58(4), 187-193.

[17] Kargarghomsheh, P., Tooryan, F., Sharifiarab, G., Moazzen, M., Shariatifar, N., & Arabameri, M. (2024). Evaluation of trace elements in coffee and mixed coffee samples using ICP-OES method. Biological Trace Element Research, 202(5), 2338-2346.

[18] Bohn, H. L., Myer, R. A., & O'Connor, G. A. (2002). Soil chemistry. John Wiley & Sons.

[19] Armenta, S., Garrigues, S., & de la Guardia, M. (2015). The role of green extraction techniques in Green Analytical Chemistry. TrAC Trends in Analytical Chemistry, 71, 2-8.

[20] Spietelun, A., Marcinkowski, Ł., de la Guardia, M., & Namieśnik, J. (2014). Green aspects, developments and perspectives of liquid phase microextraction techniques. Talanta, 119, 34-45.

[21] Spietelun, A., Marcinkowski, Ł., de la Guardia, M., & Namieśnik, J. (2013). Recent developments and future trends in solid phase microextraction techniques towards green analytical chemistry. *Journal of Chromatography A*, *1321*, 1-13.

[22] del Pilar Sánchez-Camargo, A., Bueno, M., Parada-Alfonso, F., Cifuentes, A., & Ibáñez, E. (2019). Hansen solubility parameters for selection of green extraction solvents. TrAC Trends in Analytical Chemistry, 118, 227-237.

[23] Carasek, E., Bernardi, G., Morelli, D., & Merib, J. (2021). Sustainable green solvents for microextraction techniques: Recent developments and applications. Journal of Chromatography A, 1640, 461944.

[24] Florindo, C., Romero, L., Rintoul, I., Branco, L. C., & Marrucho, I. M. (2018). From phase change materials to green solvents: hydrophobic low viscous fatty acid–based deep eutectic solvents. ACS Sustainable Chemistry & Engineering, 6(3), 3888-3895.

[25] Cunha, S. C., & Fernandes, J. O. (2018). Extraction techniques with deep eutectic solvents. TrAC Trends in Analytical Chemistry, 105, 225-239.

[26] Smith, E. L., Abbott, A. P., & Ryder, K. S. (2014). Deep eutectic solvents (DESs) and their applications. Chemical reviews, 114(21), 11060-11082.

[27] Jauregi, P., Esnal-Yeregi, L., & Labidi, J. (2024). Natural deep eutectic solvents (NADES) for the extraction of bioactives: emerging opportunities in biorefinery applications. PeerJ Analytical Chemistry, 6, e32.

[28] Elik, A., & Altunay, N. (2024). Preparation and investigation of green and cheap deep eutectic solvents for determination of essential and toxic metal ions at trace levels in different coffee products. Sustainable Chemistry and Pharmacy, 39, 101602.

[29] Stark, A., & Seddon, K. R. (2000). Ionic liquids. *Kirk-Othmer Encyclopedia of Chemical Technology*.

[30] Singh, S. K., & Savoy, A. W. (2020). Ionic liquids synthesis and applications: An overview. Journal of Molecular Liquids, 297, 112038.

[31] Martínez, D., Grindlay, G., Gras, L., & Mora, J. (2018). Determination of cadmium and lead in wine samples by means of dispersive liquid–liquid microextraction coupled to electrothermal atomic absorption spectrometry. Journal of Food Composition and Analysis, 67, 178-183.

[32] Ballesteros-Gómez, A., Rubio, S., & Pérez-Bendito, D. (2009). Potential of supramolecular solvents for the extraction of contaminants in liquid foods. Journal of Chromatography A, 1216(3), 530-539.

[33] Ballesteros-Gómez, A., Sicilia, M. D., & Rubio, S. (2010). Supramolecular solvents in the extraction of organic compounds. A review. Analytica Chimica Acta, 677(2), 108-130

[34] Caballo, C., Sicilia, M. D., & Rubio, S. (2017). Supramolecular solvents for green chemistry. In The application of green solvents in separation processes (pp. 111-137). Elsevier.

[35] Moradi, M., & Yamini, Y. (2012). Surfactant roles in modern sample preparation techniques: a review. Journal of Separation Science, 35(18), 2319-2340.

[36] Rastegar, A., Alahabadi, A., Esrafili, A., Rezai, Z., Hosseini-Bandegharaei, A., & Nazari, S. (2016). Application of supramolecular solvent-based dispersive liquid–liquid microextraction for trace monitoring of lead in food samples. Analytical Methods, 8(27), 5533-5539.

[37] Jessop, P. G., Kozycz, L., Rahami, Z. G., Schoenmakers, D., Boyd, A. R., Wechsler, D., & Holland, A. M. (2011). Tertiary amine solvents having switchable hydrophilicity. Green Chemistry, 13(3), 619-623.

[38] Alshana, U., Hassan, M., Al-Nidawi, M., Yilmaz, E., & Soylak, M. (2020). Switchable-hydrophilicity solvent liquid-liquid microextraction. TrAC Trends in Analytical Chemistry, 131, 116025.

[39] Bazel, Y., Rečlo, M., & Chubirka, Y. (2020). Switchable hydrophilicity solvents in analytical chemistry. Five years of achievements. Microchemical Journal, 157, 105115.

[40] Chaikhan, P., Udnan, Y., Ampiah-Bonney, R. J., & Chaiyasith, W. C. (2022). Fast sequential multi element analysis of lead and cadmium in canned food samples using effervescent tablet-assisted switchable solvent based liquid phase microextraction (EA-SS-LPME) coupled with high-resolution continuum source flame atomic absorption spectrometry (HR-CS-FAAS). Food Chemistry, 375, 131857.

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

YARIM HÜCRE TEKNOLOJİSİ İLE GÜNEŞ PANELİ ÜRETİM SÜRECİ VE ENERJİ PERFORMANSINI ETKİLEYEN PARAMETRELER

YASİN AKMEN
Gençler Doğalgaz İnş. Met. San. ve Tic. Ltd. Şti.
yasinakmen043@gmail.com- 0009-0002-1029-6709

Doç. Dr. OĞUZHAN ERBAŞ
Kütahya Dumlupınar Üniversitesi Müh. Fak. Makine Mühendisliği Bölümü Kütahya
oguzhan.erbas@dpu.edu.tr- 0000-0001-9424-4273

ÖZET

Ülkemiz, coğrafi konumu nedeniyle önemli bir güneş enerjisi potansiyeline sahiptir. 2024 yılı kasım ayı verilerine göre lisanssız güneş kurulu gücü bir önceki aya göre artarak 17.331 MW'a ulaşırken, lisanslı güneş kurulu gücü de bir önceki aya göre artarak 1.826 MW seviyesine yükselmiştir. Bu açıdan güneş paneli üreticileri ile enerji sektörü için verimliliği artırmaya yönelik stratejilerin geliştirilmesi ve katkı sağlanması büyük önem taşımaktadır. Bu çalışmada da, yarım hücre teknolojisi ile üretilen güneş panellerinin üretim süreci analiz edilmiş ve enerji performansını etkileyen parametreler belirlenmiştir. Güneş enerjisi sistemlerinin verimliliği, kullanılan teknoloji ve üretim sürecine bağlı olarak değişiklik göstermektedir. Yarım hücre teknolojisi, monokristal güneş panellerinin verimliliğini artırma potansiyeli sunan yenilikçi bir yaklaşım olarak öne çıkmaktadır. Özellikle, hücre sayısı, bağlantı düzeni, üretim hataları ve malzeme kalitesi gibi faktörlerin enerji verimliliği üzerindeki rolü değerlendirilmiştir. Elde edilen bulgular, yarım hücre teknolojisinin güneş paneli performansını optimize etmek için önemli fırsatlar sunduğunu ve üretim sürecinde yapılacak iyileştirmelerle verimliliğin artırılabileceğini göstermektedir.

Anahtar Kelimeler: Yarım Hücre Teknolojisi, Güneş Paneli, Enerji Performansı.

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

SOLAR PANEL PRODUCTION PROCESS WITH HALF CELL TECHNOLOGY AND PARAMETERS AFFECTING ENERGY PERFORMANCE

ABSTRACT

Our country has a significant solar energy potential due to its geographical location. According to November 2024 data, unlicensed solar installed capacity increased compared to the previous month and reached 17,331 MW, while licensed solar installed capacity increased compared to the previous month and reached 1,826 MW. In this respect, it is of great importance to develop strategies and contribute to increasing efficiency for solar panel manufacturers and the energy sector. In this study, the production process of solar panels produced with half-cell technology was analyzed and the parameters affecting energy performance were determined. The efficiency of solar energy systems varies depending on the technology used and the production process. Half-cell technology stands out as an innovative approach that offers the potential to increase the efficiency of monocrystalline solar panels. In particular, the role of factors such as cell number, connection order, production errors and material quality on energy efficiency was evaluated. The findings show that half-cell technology offers significant opportunities to optimize solar panel performance and that efficiency can be increased with improvements in the production process.

Keywords: Half Cell Technology, Solar Panel, Energy Performance.

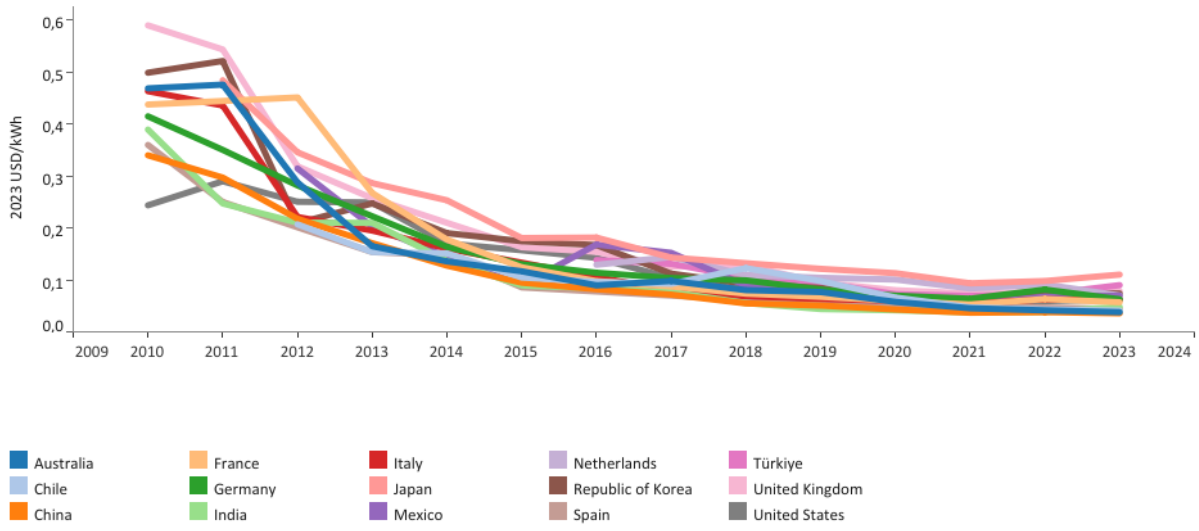
1. GİRİŞ

Güneş enerjisi dünya çapında önemli bir ivme kazanarak elektrik üretimi, su ısıtma ve hatta tuzdan arındırma işlemlerini de içeren uygulamalar için popüler bir seçim haline gelmiştir. Güneş pilleri olarak da bilinen “PV teknolojisi” ; güneş ışığını doğrudan elektriğe dönüştüren özel elektronik cihazlardır. Güneş PV teknolojisi, günümüzde mevcut olan en hızlı büyüyen yenilenebilir enerji çözümlerinden biri olarak ortaya çıkmıştır. Ülkeler fosil yakıtlara olan bağımlılıklarını azaltmak ve daha temiz enerji kaynaklarına doğru ilerlemek için çalıştıkça, küresel enerji dönüşümündeki rolü giderek daha kritik hale gelmektedir. 2020'nin sonunda, dünya çapındaki güneş PV sistemlerinin kümülatif kurulu kapasitesi etkileyici bir şekilde 710(GW)’a ulaşmış ve bu, güneş enerjisi gelişiminde önemli bir dönüm noktası olmuştur. Aynı yıl, yaklaşık 125 GW yeni güneş PV kapasitesi kurulmuş ve bu, yenilenebilir enerji teknolojilerinin en büyük kapasite artışını temsil etmiştir (Pourasl, 2023).

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

Güneş PV sistemleri, modülerlikleriyle bilinir; yani farklı ihtiyaçlara uyacak şekilde çok çeşitli boyutlarda ölçeklenebilmektedir. Örneğin, küçük güneş ev kitleri genellikle 3 ila 20 (kW) arasında üretebilirken, daha büyük kurulumlar yüzlerce (MW) kapasiteye ulaşabilmektedir. Bu çok yönlülük, bireylere ve topluluklara kendi elektriklerini üretme yetkisi vererek enerji piyasasını etkili bir şekilde rahatlatmış ve enerji bağımsızlığını artırmıştır (Stock, 2024).

Geçtiğimiz on yılda, güneş panellerinin üretim maliyeti önemli ölçüde azalmış ve bu teknolojinin yaygın olarak benimsenmesini sağlamıştır. 2010 ile 2020 yılları arasında, güneş modüllerinin fiyatları yaklaşık % 93 oranında düşmüş ve güneş enerjisini yalnızca erişilebilir kılmakla kalmamış, aynı zamanda genellikle mevcut en uygun maliyetli elektrik üretim seçeneği haline getirmiştir. Aynı dönemde, kamu ölçeğindeki güneş PV projeleri için küresel ağırlıklı ortalama dengelenmiş elektrik maliyeti de yaklaşık %85 oranında önemli ölçüde düşmüş ve bu da güneş enerjisinin sürdürülebilir enerji kaynaklarına geçişte öncü konumunu daha da sağlamlaştırmıştır (Maka, 2022). Maliyetlerdeki bu dikkate değer düşüş, güneş teknolojisinin artan verimliliğiyle birleşince, çok daha fazla hane, işletme ve kamu hizmetinin güneş enerjisine yatırım yapmasının önünü açmış ve sektörü önümüzdeki yıllarda sürekli büyümeye ve inovasyona doğru itmiştir (Kalogirou, 2023). Şekil 1'de ülkeler bazında (kWh) başına güneş enerjisi maliyetlerinin yıllara göre değişimi gösterilmiştir.



Şekil 1. Yıllara Göre Ülkeler Bazında (kWh) Enerji Başına Maliyetlerin Değişimi

Günümüzde, tam hücre teknolojisine göre yarım hücre teknolojisi fotovoltaik endüstrisindeki çok sayıda üretici tarafından modül tasarımında giderek daha fazla benimsenen önemli bir

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

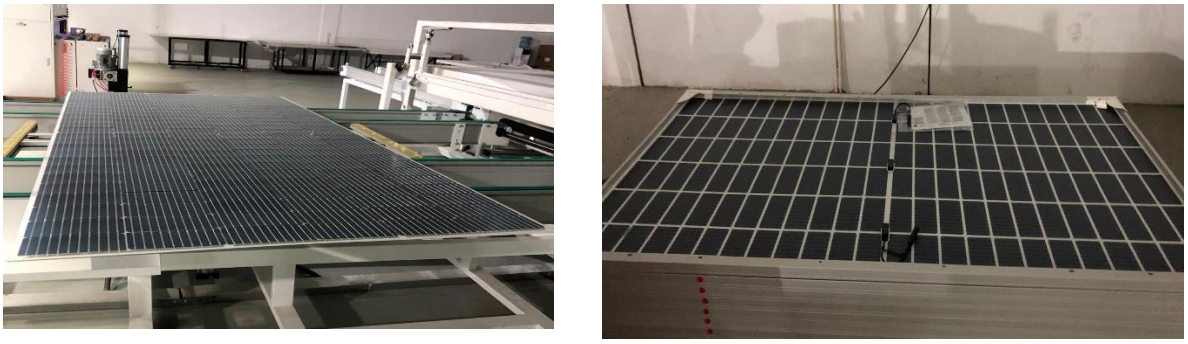
ilerleme olarak ortaya çıkmaktadır. Bu yenilikçi yaklaşım, geleneksel bir güneş hücresinin iki küçük yarıya hassas bir şekilde kesilmesini veya ayrılmasını gerektirmektedir. Bu tasarımın arkasındaki mantık, her yarım hücrenin akımı yarıya indirirken orijinal hücreyle aynı voltaj çıkışını korumasıdır. Akımı yarıya indirerek, direnç kayıpları önemli ölçüde en aza indirilmiş olmakta ve bu da güç kayıplarında yaklaşık % 75'lik bir azalmaya yol açmaktadır. Bu verimlilik artışı, güneş modüllerinin genel performansını artırmada kritik öneme sahiptir. Ayrıca, yarım hücre modülleri, tüm modülün paralel olarak bağlanan iki küçük, kare şeklindeki üniteye bölündüğü bir tasarım biçimini gerektirir. Bu yapılandırma, direnç kayıplarını azaltarak performansı iyileştirmekle kalmaz, aynı zamanda gölgelemeyle ilgili sorunların hafifletilmesine yardımcı olmakta ve gerçek dünya koşullarında modülün enerji verimini artırmaktadır (Zhang, 2021). Şu anda yaklaşık %5'lik bir pazar payına sahip olan bu teknolojinin, avantajlarının giderek daha fazla tanınması ve enerji pazarında daha verimli güneş enerjisi çözümlerine olan talebin artmasıyla birlikte 2029 yılına kadar yaklaşık % 40'a çıkması öngörülmektedir.

2. YARIM HÜCRE TEKNOLOJİSİ İLE GÜNEŞ PANELİ ÜRETİM SÜRECİ

Geleneksel olarak, çoğu güneş paneli, tasarıma ve amaçlanan uygulamaya bağlı olarak 60 veya 72 tam boyutlu güneş hücresi ile üretilir. Buna karşılık, yarım hücre güneş panelleri genellikle yaklaşık 120 veya 144 yarım hücreye sahiptir. Hücre sayısındaki bu artış, özellikle değişken güneş ışığı koşullarına sahip alanlarda daha iyi performans sağlar, çünkü yarı kesilmiş hücreler gölgelenmenin etkisini en aza indirerek daha tutarlı enerji üretimi sağlamaktadır (Tripathy, 2016). Yarım hücreler polikristalin malzemelerden yapılabilirken, çoğunlukla yarı kesilmiş monokristalin PERC (Pasifleştirilmiş Yayıcı ve Arka Hücre) teknolojisi kullanılarak üretilmektedir. Bu özel panel türü, özellikle düşük ışıklı ortamlarda üstün verimliliği ve performansıyla bilinmekte ve bu sebeple ticari uygulamalar arasında popüler bir seçim haline gelmektedir. PERC hücrelerinin temel farkı, güneş hücresinin arka yüzeyinde ek bir yansıtıcı ve pasivasyon katmanına sahip olmasıdır. Pasivasyon katmanı, hücrenin arka yüzeyine eklenir. Elektronların yeniden birleşmesini azaltır, yani hücre yüzeyinde enerji kaybını önler. Bu, hücrenin enerji dönüşüm verimliliğini artırır. Yansıtıcı katman da, hücreye ulaşan ve emilmeyen güneş ışığını geri yansıtarak, ışığın hücre içinde ikinci kez emilmesini sağlamaktadır. Bu, toplam enerji üretimini artırır. PERC hücreleri daha düşük sıcaklıklarda çalışır, bu da enerji verimliliğini korumaya yardımcı olur. PERC hücreler, düşük ışık koşullarında (örneğin, sabah veya akşam saatlerinde) daha iyi enerji üretir. Arka yüzey

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

yansıtıcısı, çift yüzeyli (bifacial) güneş panelleriyle kombine edilerek toprak veya diğer yüzeylerden gelen yansıyan ışığı da enerjiye dönüştürür. Şekil 2'de bu teknoloji ile üretilmiş güneş panelleri görülmektedir.



Şekil 2. Yarım Hücre Teknolojisi ile Üretilmiş 550 W Gücünde Güneş Paneli

3.ENERJİ PERFORMANSINI ETKİLEYEN PARAMETRELERİN ANALİZİ

Tek bir sürekli devreye sahip geleneksel güneş panellerinin aksine, yarım hücre panellerde iki ayrı bağlantı kullanır. Bu tasarım, panelin bir bölümünde arıza veya bozulma meydana gelirse, diğer bölümün bağımsız olarak çalışmaya devam edebileceği ve böylece panelin genel güvenilirliğini artırabileceği anlamına gelir. Yarım hücre güneş panellerinin enerji performansını artıran parametreler aşağıdaki şekilde analiz edilebilir;

- Mikro Çatlaklara ve Sıcak Noktalara Karşı Artan Direnç : Hücreler yarıya indirildiği için, panel boyunca mikro çatlakların oluşma olasılığı azalır. Bu tasarım, aşırı ısının birikebileceği panel alanları olan sıcak noktaların olasılığını en aza indirir ve böylece güvenliği ve verimliliği artırır.
- Uzun Ömür : Yarı kesilmiş tasarımın sağladığı yapısal bütünlük, bu paneller için daha uzun bir çalışma ömrüne katkıda bulunur. Geleneksel panelleri sıklıkla etkileyen aşınma ve yıpranmaya daha az eğilimlidirler ve bu da onları daha dayanıklı bir yatırım haline getirir.
- PERC Teknolojisi ile Gelişmiş Işık Emilimi : Pasifleştirilmiş yayıcı ve arka hücre (PERC) teknolojisi ile entegre edildiğinde, yarı kesilmiş güneş hücreleri ışık emilimi ve elektron yakalama sürecini optimize eder. Bu, koşullar idealden daha az olsa bile daha fazla güneş ışığı yakalayabildikleri için daha yüksek verimlilik oranları ve iyileştirilmiş enerji üretimi ile sonuçlanır.

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

- Gölgeli Koşullarda İyileştirilmiş Performans : Yarım hücre güneş panelleri, gölgeye veya değişken çevre koşullarına maruz kaldıklarında üstün verimlilik gösterir. Tasarımları, panelin yalnızca bir kısmı güneş ışığı aldığında bile daha iyi güç üretimine olanak tanır ve gölgenin genel enerji çıkışı üzerindeki etkisini azaltır.
- Daha Yüksek Güç Çıkışı : Yarım hücre güneş panellerinin tasarımı, daha yüksek enerji üretimi sağlayan alanın daha etkili bir şekilde kullanılmasını sağlar. Pratik açıdan bu, yarı kesilmiş bir güneş panelinin aynı boyuttaki standart bir panele kıyasla daha fazla elektrik üretebileceği anlamına gelir.
- Elektrik Üretiminde Genel Artış : Çalışmalar, yarım hücre güneş panellerinin kullanımıyla elektrik üretiminin yaklaşık %3 oranında artabileceğini göstermiştir. Bu geliştirme, güneş enerjisi sistemlerinin genel verimliliğine ve yatırım getirisine önemli ölçüde katkıda bulunabilir.

4. SONUÇLAR

PERC teknolojisi, güneş hücresi tasarımında önemli bir gelişme olarak kabul edilmektedir. Çift yüzeyli PERC hücreler, heterojunction (HJT) ve tandem hücre teknolojileri ile kombine edilerek gelecekte daha da yüksek verimlilik hedeflenmektedir. Bu, güneş enerjisi sistemlerinin maliyet etkinliğini artırarak yenilenebilir enerjiye geçişi hızlandırmaktadır. Sonuç olarak, yarı kesilmiş güneş panelleri, güneş enerjisine yatırım yapmak isteyen ev sahipleri ve işletmeler için onları çekici bir seçenek haline getiren çeşitli teknik ve pratik avantajlar sunmaktadır. Monokristal veya polikristal hücreler farklı verimliliklere sahipken, monokristal hücreler daha yüksek verimlilik sağlamaktadır. Yarım hücre teknolojisi, ısının daha eşit dağıtılmasını sağlamakta, bu, hücrelerin aşırı ısınmasını engellemekte ve ömrünü de uzatmaktadır.

KAYNAKLAR

1- Pourasl, H. H., Barenji, R. V., & Khojastehnezhad, V. M. (2023). Solar energy status in the world: A comprehensive review. *Energy Reports*, *10*, 3474-3493.
2- Stock, R., & Sareen, S. (2024). Solar aporias: On precarity and praxis in interdisciplinary research on solar energy. *Energy Research & Social Science*, *116*, 103661.
3- Maka, A. O., & Alabid, J. M. (2022). Solar energy technology and its roles in sustainable development. *Clean Energy*, *6*(3), 476-483.
4- Kalogirou, S. A. (2023). *Solar energy engineering: processes and systems*. Elsevier.
5- Zhang, Y., Kim, M., Wang, L., Verlinden, P., & Hallam, B. (2021). Design considerations for multi-terawatt scale manufacturing of existing and future photovoltaic technologies: challenges and opportunities related to silver, indium and bismuth consumption. *Energy & Environmental Science*, *14*(11), 5587-5610.

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

6- Tripathy, M., Sadhu, P. K., & Panda, S. K. (2016). A critical review on building integrated photovoltaic products and their applications. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, *61*, 451-465.

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

BİR İKLİMSEL TEST ODASINDA HAVA ISITMALI ve FOTOVOLTAİK GÜNEŞ PANELLERİNİN PERFORMANSLARININ İNCELENMESİ

Fatma PAPATYA
Fırat Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makine Mühendisliği, 231120105@firat.edu.tr - 0009-0005-2277-6170
Doç. Dr. Mehmet DAŞ
Fırat Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makine Mühendisliği, m.das@firat.edu.tr - 0000-0002-4143-9226
Prof. Dr. Ebru AKPINAR
Fırat Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makine Mühendisliği, ebruakpinar@firat.edu.tr - 0000-0003-0666-9189

ÖZET

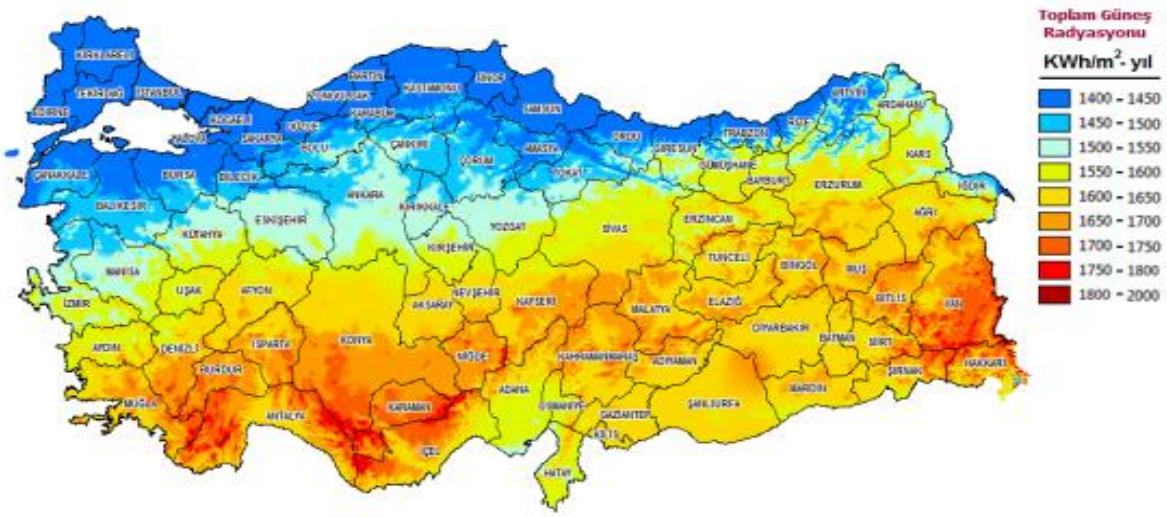
Güneş enerjisi, rezervi bitmeyen ve çevreyi kirletmeyen temiz bir enerji kaynağı olup kolayca ısı enerjisine çevrilebilme özelliğinden dolayı dünya genelinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Güneş enerjisi, fosil yakıtların tükenmeye yüz tuttuğu günümüzde gittikçe daha fazla önem kazanmaktadır. Diğer taraftan bu yakıtların gerek taşınması gerek işlenmesi sırasında çevreye verilen zarar dünya kamuoyunda ciddi tartışmalara yol açmakta, küresel ışınmanın ana nedeni olduğu düşünülmektedir. Bu çalışmada, bir iklimsel test odasında, hava ısıtmalı sistemler ile fotovoltaik güneş panellerinin enerji verimlilik değerleri incelenmiştir. Amaç, güneş enerjisinin etkin kullanımını sağlamak amacıyla bu iki teknolojinin performansını karşılaştırmak ve optimize etmektir. Test odasında, Antalya iline ait T.C. Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nden temin edilen aylık ortalama sıcaklık, nem, hava hızı ve güneş radyasyonu verileri dikkate alınarak ortam koşulları, bu verilere uygun şekilde ayarlanmıştır. Bu verilere dayanarak, Antalya iline 12 aylık ortalama iklimsel koşullar sağlanmış ve test odasında bu koşullar altında fotovoltaik (PV) güneş panelin ürettiği elektrik enerji ve havalı güneş kollektörü (HGK) sıcak hava üretim performansı gözlemlenmiştir. Elde edilen veriler, her iki teknolojinin enerji verimliliğini artırmaya yönelik potansiyel iyileştirmeler yapmayı hedeflemekte olup, bu çalışma yenilenebilir enerji sistemlerinin etkinliğini artırmak ve enerji verimliliği sağlamak için önemli bir yol haritası sunmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Yenilenebilir enerji, Güneş enerjisi, Fotovoltaik güneş panelleri, Hava ısıtmalı sistemler

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

1. GİRİŞ

Güneş, evrendeki en önemli enerji kaynağından biridir ve bilinen enerji kaynakları arasında en temiz ve tükenmeyen seçeneklerden biridir. Dünya, güneşten yılda yaklaşık 1.5 katrilyon MW/saat enerji alır ki bu miktar, insanlığın bir yılda tüketeceği enerjinin tam 28.000 katıdır Uluslararası Enerji Ajansı (IEA) verilerine göre, güneş ışığının dünya yüzeyine sadece 90 dakika içinde ulaşan miktarı, tüm dünya için bir yıl boyunca gerekli olan enerjiye eşdeğerdir. IEA ayrıca, 2050 yılında küresel elektrik üretiminin %11'inin güneş enerjisinden sağlanacağını ve 2030 yılına kadar yenilenebilir enerji kaynaklarının yıllık %7,6 oranında bir büyüme ile en hızlı gelişen enerji türü olacağını öngörmektedir.
Türkiye'de güneş enerjisi, yüksek potansiyeli, kullanımının pratikliği, yenilenebilir olması ve çevreye duyarlı yapısıyla diğer yenilenebilir enerji kaynaklarına göre daha hızlı bir şekilde yayılma kapasitesine sahiptir. Türkiye'nin hemen her bölgesinde güneş enerjisinden verimli bir şekilde yararlanmak mümkündür. Türkiye'nin Güneş Enerjisi Potansiyeli Atlasına göre, yıllık toplam güneşlenme süresi 2737 saat (günlük toplamı 7,5 saattir), yıllık toplam gelen güneş enerjisi ise 1527 kWh/m².yıl, yani günlük toplam olarak 4.2 kWh/m² değerinde belirlenmiştir [1]. Aşağıda, görsel 1.'de Türkiye Güneş Enerjisi Potansiyeli Atlası görülmektedir [2].



Görsel 1. Türkiye Güneş Enerjisi Potansiyeli Atlası [2]

Türkiye, yıllık 110 gün gibi yüksek bir güneş enerjisi potansiyeline sahiptir. Yapılacak uygun yatırımlarla, Türkiye her yıl birim alan başına ortalama 1100 kWh güneş enerjisi üretebilir. Tablo 1'de, Türkiye'nin güneş enerjisi potansiyeli ve güneşlenme süresi değerlerinin aylık dağılımı yer almaktadır[3].

Çizelge 1. Türkiye'nin Toplam Güneş Enerjisi Potansiyelinin Aylara Göre Dağılımı [3]

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

Aylar	Aylık Toplam Güneş Enerjisi (kcal/cm²-ay) (kWh/m²-ay)		Güneşlenme Süresi (saat/ay)
Ocak	4.45	51.75	103.0
Şubat	5.44	63.27	115.0
Mart	8.31	96.65	165.0
Nisan	10.51	122.23	197.0
Mayıs	13.23	153.86	273.0
Haziran	14.51	168.75	325.0
Temmuz	15.08	175.38	365.0
Ağustos	13.62	158.40	343.0
Eylül	10.60	123.28	280.0
Ekim	7.73	89.90	214.0
Kasım	5.23	60.82	157.0
Aralık	4.03	46.87	103.0
Toplam	**112.74**	**1311.00**	**2640**
Ortalama	**308.0 Cal/cm²-gün**	**3.6 kWh/m²-gün**	**7.2 saat/gün**

Günümüzde enerji verimliliği ve sürdürülebilir enerji kaynaklarının kullanımı, çevresel etkileri azaltmak ve artan enerji taleplerini karşılamak adına büyük bir önem taşımaktadır. Yenilenebilir enerji kaynakları, dünya genelinde enerji üretiminde giderek daha fazla tercih edilmektedir. Bu doğrultuda, fotovoltaik güneş panelleri ve hava ısıtmalı sistemler, enerji üretimi ve tüketiminde verimliliği artırmaya yönelik iki önemli teknoloji olarak öne çıkmaktadır. Fotovoltaik paneller, güneş ışığını elektrik enerjisine dönüştürerek çevre dostu bir çözüm sunarken, hava ısıtmalı sistemler de düşük enerji tüketimiyle verimli ısınma sağlamaktadır.

Fotovoltaik panellerin verimliliği, çevresel koşullara, özellikle de ortam sıcaklığına duyarlıdır. Güneş ışınımı ne kadar yüksek olursa, panelin üretim kapasitesi de o kadar artar. Bununla birlikte, ortam sıcaklığının yükselmesi fotovoltaik panellerin verimliliğini olumsuz yönde etkileyebilir. Panellerin sıcaklıklarının artması, iç dirençlerin yükselmesine ve dolayısıyla elektrik üretim kapasitesinin düşmesine yol açar. Bu yüzden fotovoltaik panellerin verimli çalışabilmesi için çevresel koşulların dikkatlice kontrol edilmesi gereklidir.

Güneş enerjisi ile çalışan sistemlerin performanslarını incelemek için laboratuvar ortamında farklı çevresel parametreler elde edilerek çeşitli deneyler yapılmıştır. Literatürde yapılan araştırmalarda, güneş enerji sistemlerinin performansını incelemek için farklı çevresel koşulları sağlamak adına üretilen bir test odasına sahip çalışmalar oldukça azdır. Genellikle güneş ışınım değeri için simülatörler kullanılan çalışmalar yapılmıştır**.** Bu çalışmalardan bazıları aşağıda verilmiştir.

Ji ve arkadaşları, güneş destekli ısı pompası sisteminin donma koşullarındaki performansını incelemek için bir test odası tasarlamışlardır. Sistemi, 7 °C ila -3 °C ortam sıcaklıkları, %50, %70 ve %90 bağıl nem ve 0 W/m^2, 100 W/m^2 güneş ışınımları ile çeşitli donma koşulları altında test etmişlerdir. Tasarladıkları test odasında kullandıkları klima santrali kontrol edilebilir hava döngüsü sunan soğutucular, ısıtıcılar ve sabit bir fandan oluşmuştur. Güneş simülatörü olarak sabit halojen lambalar kullanmışlardır[4].

Stanek ve arkadaşları parabolik yoğunlaştırıcı güneş sistemindeki parabolik lineer soğurucunun çalışmasını incelemek için sabit ve tekrarlanabilir koşullar altında testlerin yapılmasına izin veren güneş simülatörü kullanmışlardır. Kullandıkları güneş simülatörü, aşağı ve yukarı hareket edebilen her biri %60'a kadar kısma olasılığı olan 575 W nominal güce sahip 18 metal halojenür lambadan oluşmuştur[5].

Hosseini ve arkadaşları, bu çalışmada laboratuvar ölçeğinde, monokristal silikon (mc-Si) ve polikristal silikon (pc-Si) olmak üzere iki güneş pili türünün performans parametreleri üzerindeki çiğ oluşumunun etkisini incelemişlerdir. Deneyleri, LED ışığına dayalı bir güneş simülatörü ile donatılmış bir çevre odasında gerçekleştirmişlerdir. Panel yüzeyinde çiğ oluşumu, sırasıyla %45, %60 ve %75 olmak üzere üç farklı nem oranında ve ortam sıcaklığının 25°C olduğu koşullarda yapılmıştır. Psikometrik diyagramına dayanarak, çiğ noktası sıcaklıklarının sırasıyla %45, %60 ve %75 bağıl nem seviyelerine karşılık gelen 12.5°C, 8.5°C ve 4.5°C daha düşük olduğu belirlenmiştir. Modül yüzeyindeki çiğ örtme oranlarının, sırasıyla %45, %60 ve %75 bağıl nem seviyelerinde sırasıyla %45.19, %63.50 ve %83.62 olduğu tahmin edilmiştir. Açık devre gerilmesi, kısa devre akımı, maksimum güç, maksimum gerilim ve maksimum akım gibi performans parametreleri, nemli hava ve çiğ oluşumu koşulları için Isingle bondV ve Psingle bondV karakteristik eğrilerinden belirlemişlerdir. Ayrıca, çıkış elektrik gücü ve bağıl verimlilikteki değişiklikleri hesaplamışlardır. Sonuçlar, güneş modüllerinin yüzeyinde çiğ bulunmasının, nemli havaya kıyasla fotovoltaik performans parametrelerini artırdığını göstermiştir. mc-Si güneş pili için, sıcaklık etkisi düzeltildikten sonra çiğ oluşumu koşulunda bağıl verimlilik, nemli hava koşullarına kıyasla sırasıyla %2.83, %3.13 ve %4.06 artarken, pc-Si güneş pili için bu değerler sırasıyla %1.45, %3.26 ve %4.39 olmuştur. Tüm fotovoltaik performans parametreleri, modül yüzeyinde çiğ örtme miktarının artmasıyla doğrusal olarak azaldığını gözlemlemişlerdir[6].

Sowmy ve arkadaşları, bir test odasında farklı çevresel şartlar elde ederek sulu düzlemsel güneş kolektörünün enerji verim değerlerini incelemişlerdir. Test odasında elde ettikleri çevresel şartlar güneş ışınımı, sıcaklık ve hava hızıdır. Test odasında, ısıtıcılarla elde etikleri 4 farklı sıcaklık değerleri (20,40,60,80°C) ve sabit yatay hava üfleyicilerle elde ettikleri 3 farklı hava hızı değerleri (1, 2, 3 m/s) ile güneş kolektörünün performansını incelemişlerdir. Ayrıca testlerde güneş kolektörü üzerine ışınım değerlerinin dik bir şekilde gelmesini sağlayan elektrik motorlu güneş simülatör kullanarak üretilen 7- 900 W/m^2 aralığında ışınım değerlerini kullanmışlardır[7].

Bu çalışmada, iklimsel test odasında bu iki teknolojinin enerji verimlilikleri incelenerek karşılaştırılmış ve her iki sistemin potansiyel iyileştirmeleri ele alınmıştır. Elde edilen bulgular, yenilenebilir enerji sistemlerinin etkinliğini artırmaya yönelik öneriler sunarak, enerji verimliliği ve sürdürülebilir enerji kullanımına katkı sağlamak amaçlanmıştır.

2. MATERYAL ve METOT

Bu çalışmada, Türkiye'nin Antalya ili için aylık ortalama sıcaklık, nem, hava hızı ve güneş radyasyonu değerleri, T.C. Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nden temin edilmiştir. Bu verilere

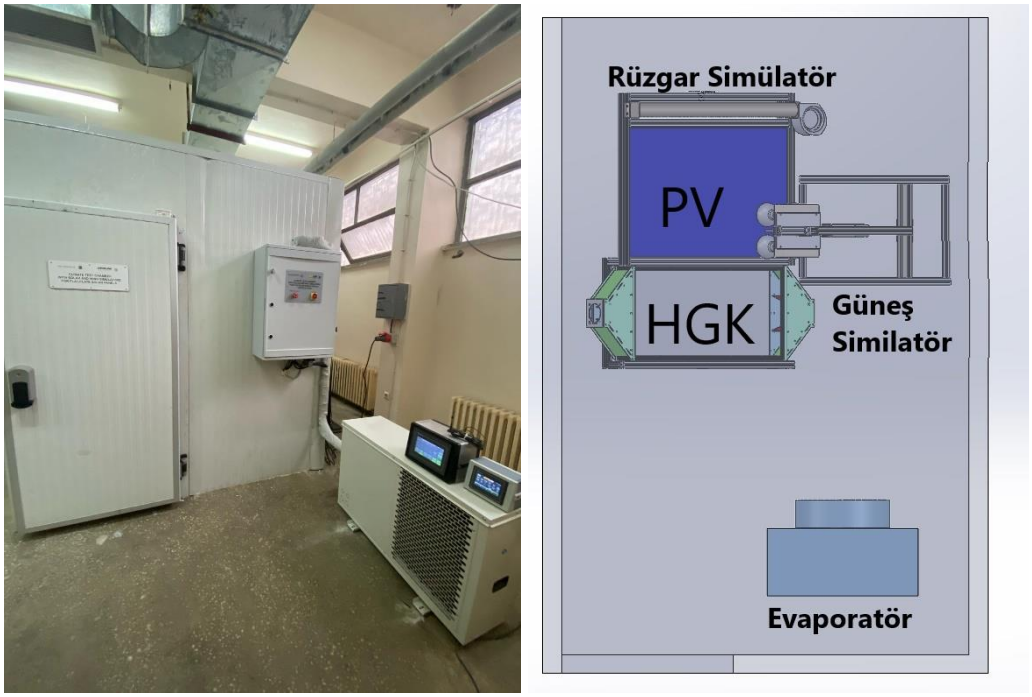
dayanarak, Antalya iline ait maksimum ve minimum ölçüm aralıkları belirlenmiş ve test odasında ortam koşulları, bu belirlenen aralıklara göre ayarlanmıştır. Ortam koşulları altında güneş panellerinin enerji performansı gözlemlenmiştir. Örneğin, Meteoroloji Genel Müdürlüğü tarafından 2022 yılı Aralık ayında Antalya ili için ölçülen ortalama sıcaklık 11,7 °C, güneş radyasyonu 429 W/m², nem % 68 ve rüzgâr hızı ise 12,2 m/s olarak kaydedilmiştir. Bu verilere göre test odasında ortamın sıcaklık, nem, güneş radyasyonu ve hava hızı gibi parametreleri ayarlanmış ve Antalya ili için güneş panellerinin performansı değerlendirilmiştir. Bu değerlendirme için, kolektör giriş-çıkış akışkan sıcaklıkları, akışkan hızı, panel yüzeyine gelen ışınım değerleri, panel hücre sıcaklıkları, akım ve voltaj gibi parametreler ölçülmüştür. Bu ölçümler sonucunda, panellerin enerji verimlilik değerleri hesaplanmıştır.

Bu çalışma için fotovoltaik (PV) ve havalı güneş kollektörü (HGK) tip ve düzlemsel güneş paneli (DGP) performans test odası tasarlanmıştır. DGP test odası için tasarlanan sistemde havanın nem ve sıcaklık değişimi için nem kontrol üniteli bir iklimlendirme ünitesi kullanılmıştır. Bu sistem sayesinde hava sıcaklığı -5 +50 °C derece arasında kontrol edilebilmiş ve hava nem değeri %10-%90 değerleri arasında değiştirilebilmiştir. Ayrıca ayarlanabilir fan devir ve yön kontrollü hava şartlandırıcı sistem ile DGP üzerindeki rüzgar etkisini incelemek için hava istenilen yön ve hız şiddetlerinde üretilebilmiştir. Işınım değerleri ayarlaması için halojen projektör sistemi (HPS) kullanılmıştır. Projektörler sayesinde 0-1500 W/m^2 arasında ışınım değerleri elde edilebilmiştir. Güneş ışınımının DGP üzerindeki etkilerini incelemek için HPS ye açık çevirim çalışacak güneş takip sistemi (GTS) uygulanmıştır. GTS'de güneş yörünge takibi için güneş takip algoritması (SPA) kullanılmıştır. HPS'nin bağlı olduğu platforma 3 adet sonsuz dişli redüktör yardımı ile iki eksenli hareket kabiliyeti sağlanarak güneş pozisyon similatörü elde edilmiştir. Düzlemsel paneller 2 eksenli hareket edebilen açı divizörlü taşıyıcılar üzerine monte edilecek ve bu divizörler sayesinde paneller güneş etkin yönü ve panel eğim açı değerlerine göre konumlandırılabilmiştir. Üretilecek test odası PLC sistem entegreli olup, sisteme girilen iklimsel değerler, HPS konum-zaman değerleri ve panel yön ve eğim açı değerlerine göre tamamen otonom bir şekilde çalışmıştır.

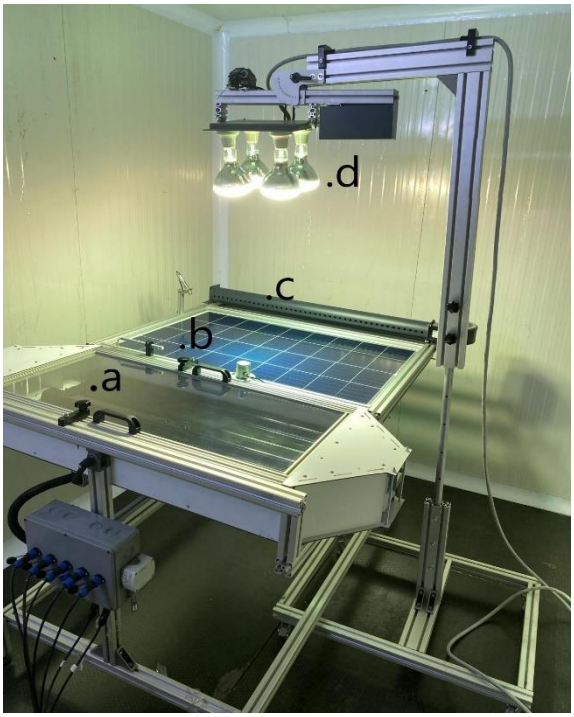
Tasarlanan güneş paneli performans test odasının iç görünümü ve deney düzeneği Görsel 3 'te gösterilmiştir. Test odasında, (a) 40,5 x 91,5 boyutunda havalı güneş kolektörü, (b) 15,5 x10,5 boyutunda 36 hücreden oluşan 115 Watt polikristal fotovoltaik güneş paneli, (c) rüzgâr simülatörü ve 0-1500 W/m² aralığında güneş radyasyon değeri elde etmek için (d) 4 adet halojen projektör kullanılmıştır. Oda sıcaklıkları ise iklimlendirme ünitesi yardımıyla +5 ile +30 °C arasında ayarlanmıştır. Test odası havasının sıcaklığı, 30°C ile 80°C arasında değiştirilmiş ve bu işlem için rezistanslı ısıtma ünitesi kullanılmıştır. Panellerin üzerindeki hava akım hızı, üniteye entegre edilen inverter kontrollü fan yardımıyla ayarlanmıştır. Oda havasının sıcaklığını -5°C ile +5°C arasında değiştirmek için buhar sıkıştırmalı soğutma sistemi uygulanmıştır. Nem değerlerinin kontrolü için nem kontrol ünitesi kullanılmış, saatlik 2 kg/h sıcak buhar üreten ve saatlik 0,5 kg nem alabilen bu ünitenin yardımıyla oda içindeki nem değeri %10 ile %80 arasında değiştirilebilmiştir. Test odasının ısıl yalıtımı, 0,025 W/mK ile 0,090 W/mK arasında ısı iletimine sahip yalıtım malzemeleri ile sağlanmıştır. Oda içinde, güneş panellerinin montajı için özel olarak tasarlanmış bir platform kullanılmış ve bu platformda panel eğim açıları, açı divizörleri ile ayarlanabilmiştir. Bu sayede, her bir panelin çalışması farklı deneysel koşullar altında titizlikle incelenmiştir. Yukarıda açıklanan sistemler ve

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

ayarlarla, test odasında güneş panellerinin performansı çeşitli çevresel koşullar altında ölçülmüş ve analiz edilmiştir.



Görsel 2. İklimsel test odası



Görsel 3. Güneş paneli performans test odasının iç görünümü ve deney düzeneği

Tasarlanan test odasında Antalya iline ait aylık meteorolojik iklimsel veriler elde edilmiş ve oluşturulan iklimsel koşullar altında HGK ve PV panel performansları incelenmiştir. Antalya ili için T.C. Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nden temin edilen aylık ortalama iklimsel veriler Çizelge 2'de verilmiştir.

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

Çizelge.2 Antalya ili için 12 aylık ortalama iklimsel verileri

Aylar	Sıcaklık (°C)	Nem (%)	Işınım (W/m^2)	Rüzgâr (m/s)	Güneşlenme Süresi (saat)
Ocak	10	65	487.5	1.875	5.1
Şubat	10.7	64	591.5	1.875	5.8
Mart	12.9	67	897	1.71	6.7
Nisan	16.4	70	1040	1.485	8.0
Mayıs	20.6	67	1280.5	1.305	9.8
Haziran	25.3	60	1352	1.41	11.4
Temmuz	28.5	58	1397.5	1.47	11.8
Ağustos	28.4	61	1274	1.44	11.3
Eylül	25.3	62	1059.5	1.44	9.8
Ekim	20.6	60	799.5	1.485	7.9
Kasım	15.5	66	533	1.65	6.3
Aralık	11.7	68	429	1.83	4.9

2.1. Belirsizlik Analizi

DGP performans test odasında yapılacak olan sıcaklık, hava hızı, nem ve ışınım parametrelerinin ölçülmesi sırasında ortaya çıkacak belirsizlikler için imalat hatalarının, sabit hataların ve rastgele oluşabilecek hataların etkili olduğu düşünülecektir. Belirsizlik oluşturabilecek bu etkenlerin toplam ölçüm belirsizliğine olan etkilerini belirlemek gerekir. Ölçülen değerleri dikkate alarak bu etkilerden kaynaklanan toplam hataların hesabı için Eşitlik 1'te kullanılmıştır.

$$W_R=\left[\left(\frac{\delta R}{\delta x_1}w_1\right)^2+\left(\frac{\delta R}{\delta x_2}w_2\right)^2+.....+\left(\frac{\delta R}{\delta x_n}w_n\right)^2\right]^{1/2} \quad (13)$$

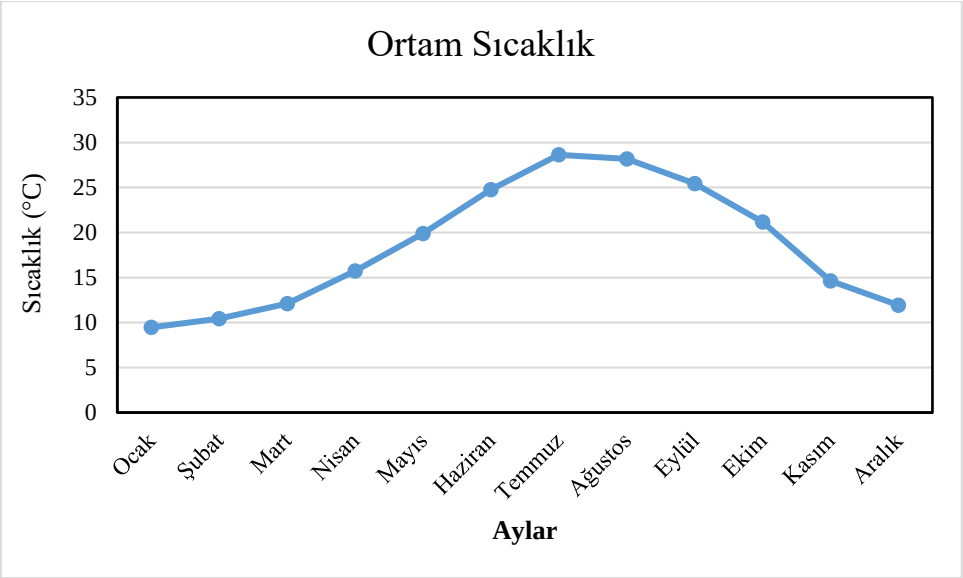
(1)

3. BULGULAR

Antalya ili için Meteoroloji Genel Müdürlüğü tarafından sağlanan veriler doğrultusunda, bir iklimsel test odasında yapılan deneysel testlerde, ortam koşulları (sıcaklık, nem, güneş radyasyonu ve rüzgâr hızı) belirli sınırlar içinde ayarlanarak güneş panellerinin performansı değerlendirilmiştir.

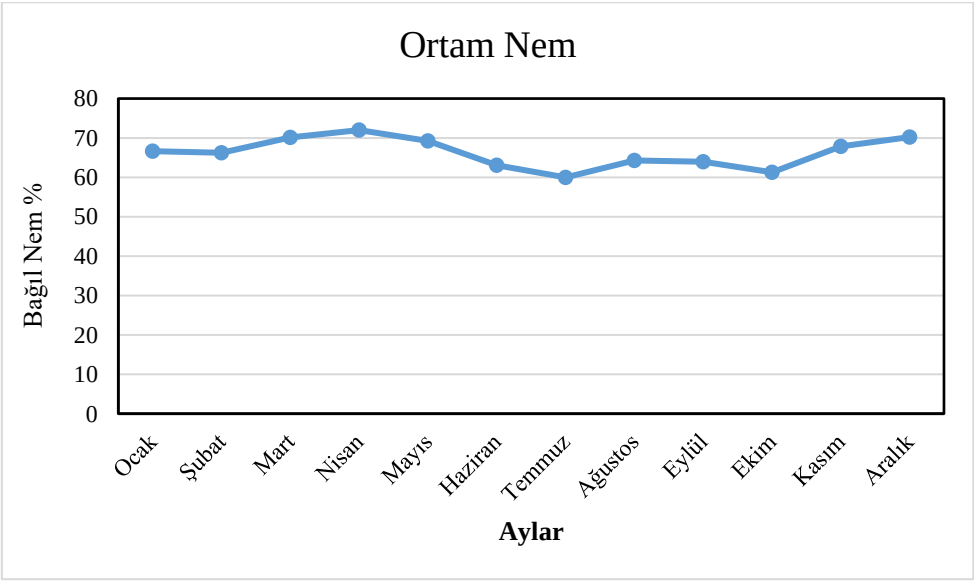
Görsel 4 de iklimsel test odasında 12 aylık Antalya hava sıcaklığı simüle edilmiştir. Görsel 4'ten de görüleceği üzere test odasında Antalya aylık ortalama hava sıcaklık değerleri başarılı bir şekilde elde edilmiştir. En yüksek hava sıcaklığı 28.7 °C olarak Temmuz ayı için elde edilmiş, benzer şekilde en düşük hava sıcaklığı Ocak ayı için 9.46 °C olarak elde edilmiştir.

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



Görsel 4. Hava sıcaklığının aylara göre değişimi

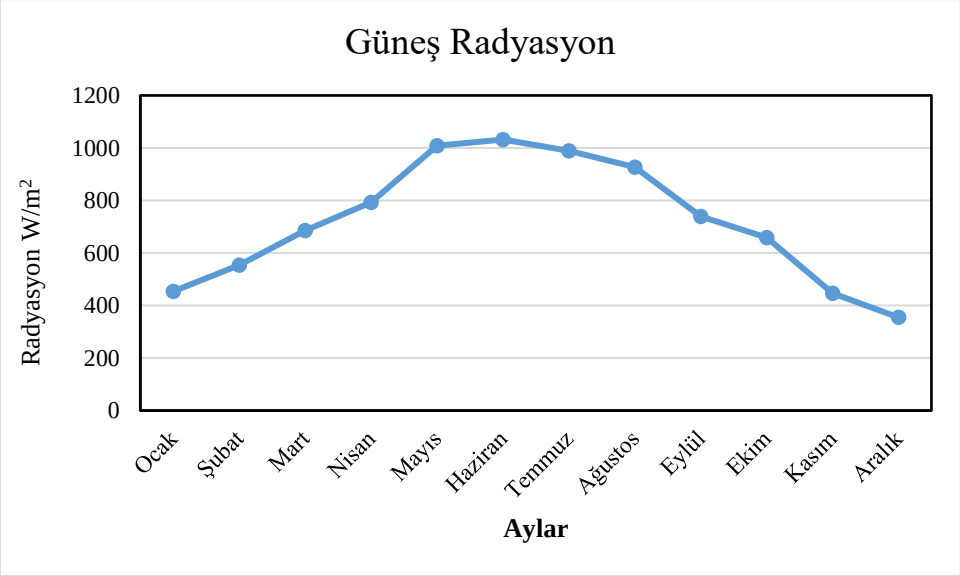
Test odasında Antalya ili için aylık ortalama nem değerlerine yakın nem değerleri elde edilmiştir. Nemlendirme ünitesi ile dışarıdan soğuk su buharı gönderilerek nem değeri %70 değerlerin üzerine çıkarılmıştır. Görsel 5'de test odasında elde edilen Antalya ili için aylık ortalama nem değerleri verilmiştir. En düşük nem değeri %59.9 değerinde Temmuz ayı için elde edilmişken, en yüksek nem değeri %72 ile Nisan ayı için elde edilmiştir.



Görsel 5. Bağıl nem değerinin aylara göre değişimi

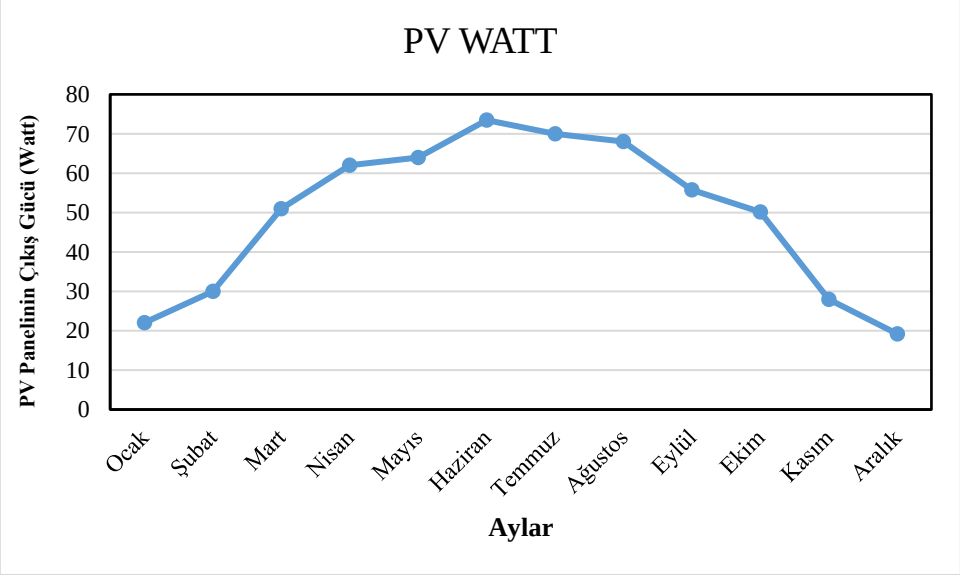
Test odasında Antalya ili için aylık ortalama güneş radyasyon değerleri güneş simülatör ünitesi ile halojen lambalar kullanılarak elde edilmiştir. Görsel 6'da test odasında elde edilen Antalya ili için aylık ortalama güneş radyasyon değerleri verilmiştir. En düşük güneş radyasyonu 354.8 W/m^2 değerinde Aralık ayı için elde edilmişken, en yüksek güneş radyasyon değeri 1032.09 W/m^2 ile Haziran ayı için elde edilmiştir.

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



Görsel 6. Işınım değerinin aylara göre değişimi

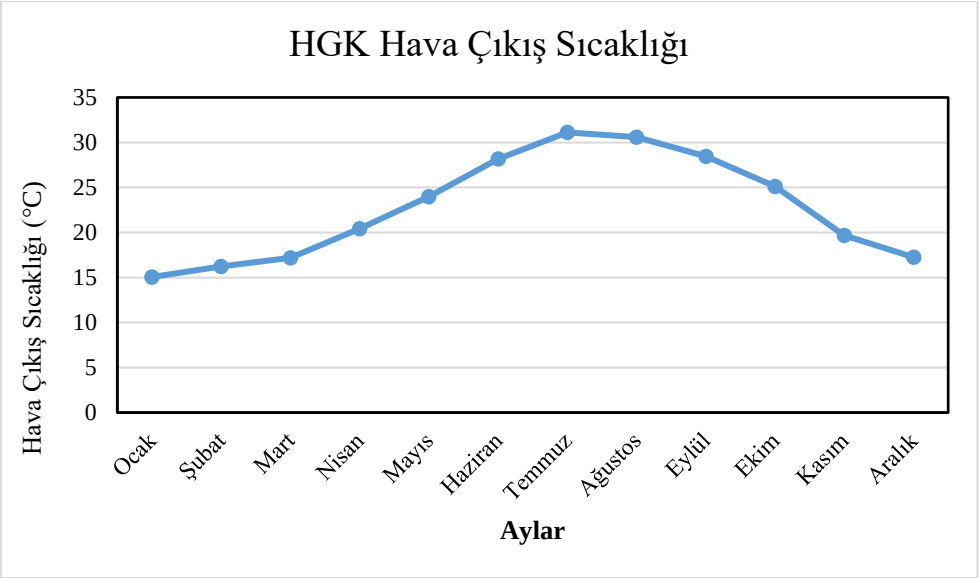
PV panel ve HGK için Antalya iklim koşullarının oluşturulduğu test odasında performans deneyleri yapılmıştır. Deneyler Çizelge 2 de aylık güneşlenme süreleri boyunca gerçekleştirilmiştir. Her ay için güneşlenme süresine göre yapılan deneylerde PV panelin ürettiği elektriksel güç değeri olan PV Watt değeri Görsel 7'de verilmiştir. En düşük PV Watt 19.21 Watt değerinde Aralık ayı için elde edilmişken, en yüksek PV Watt değeri 73.47 Watt ile Haziran ayı için elde edilmiştir.



Görsel 7. PV panel çıkış gücünün aylara göre değişimi

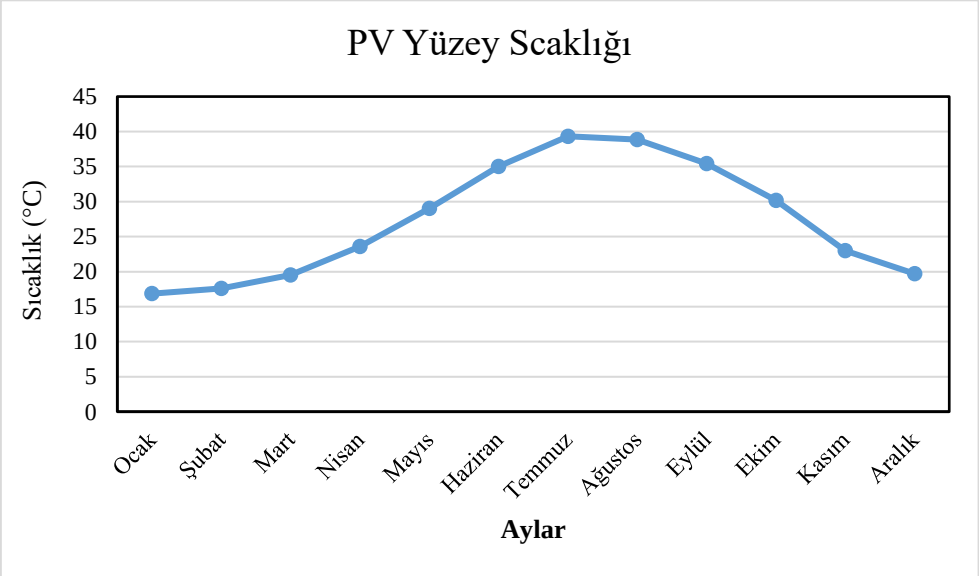
Test odasında Antalya iline ait her ay için güneşlenme süresine göre yapılan deneylerde HGK hava çıkış sıcaklığı değerleri Görsel 8'de verilmiştir. En düşük HGK hava çıkış sıcaklığı 15.06 °C değerinde Ocak ayı için elde edilmişken, en yüksek HGK hava çıkış değeri 31.12 °C ile Temmuz ayı için elde edilmiştir. Bu verilere göre en yüksek HGK hava çıkış sıcaklığına sahip aylar Haziran, Temmuz, Ağustos ve Eylül ayları olmuştur.

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



Görsel 8. Hava çıkış sıcaklığının aylara göre değişimi

Antalya iline ait 12 aylık iklimsel parametrelere göre test odasında yapılan deneylerde PV panelin yüzey sıcaklığı değerleri Görsel 9'da verilmiştir. En düşük PV yüzey sıcaklığı 16.86 °C değerinde Ocak ayı için elde edilmişken, en yüksek PV yüzey sıcaklık değeri 39.33 °C ile Temmuz ayı için elde edilmiştir. Bu verilere göre en yüksek PV yüzey sıcaklığına sahip aylar Haziran, Temmuz, Ağustos ve Eylül ayları olmuştur.



Görsel 9. Yüzey sıcaklığının aylara göre değişimi

4. SONUÇLAR VE DEĞERLENDİRME

Deneysel ölçümler sonucunda, güneş panellerinin enerji verimliliği üzerine yapılan analizler, panelin giriş-çıkış akışkan sıcaklıkları, panel yüzeyine gelen ışınım, PV panel yüzey sıcaklıkları ile PV Watt ve HGK hava çıkış sıcaklığı değerleri arasında doğrusal bir ilişki olduğunu

göstermiştir. Bu veriler ışığında, güneş ışığının enerjiye dönüşüm verimliliği ile çevresel faktörlerin etkisi detaylı bir şekilde incelenmiştir. Çalışmanın sonuçları maddeler halinde aşağıda verilmiştir.

- Antalya ili için 12 aylık iklim koşulları elde edilmiş ve PV panel ve HGK panelin enerji üretim potansiyelleri incelenmiştir.
- PV panel için Antalya iklim koşullarında neredeyse tüm aylarda elektrik enerjisi üretimi görülmüştür. En düşük anlık elektrik enerjisi üretimi 19.21 Watt ile Aralık ayında, en yüksek anlık elektrik enerjisi üretimi 73.46 Watt ile Temmuz ayında elde edilmiştir. Yapılan deneyler sonucunda Antalya ilinin PV panel kullanımına oldukça uygun iklim şartlarına sahip olduğu gözlemlenmiştir.
- HGK panel için Antalya iklim koşullarında her ay sıcak hava üretimi olmuş fakat küçük endüstriyel uygulamaların kullanımı için sadece Temmuz ve Ağustos aylarında elde edilen ortalama 31.12 °C ve 30.60 °C sıcak hava üretimi gözlemlenmiştir.

Güncel ortam koşullarında, panellerin elde ettiği enerji verimliliği belirli bir seviyeye ulaşırken, hava koşullarının özellikle nem oranının panel performansına önemli derecede etki ettiği gözlemlenmiştir. Ayrıca, güneş ışınımının arttığı durumlarda panel verimliliği de orantılı olarak yükselmiştir. Akışkan hızı ve hücre sıcaklıklarındaki değişikliklerin de panelin enerji verimliliği üzerindeki etkisi dikkate alınarak, güneş panellerinin performansını artırmak için belirli parametrelerin optimize edilebileceği sonucuna varılmıştır.

Bu bulgular, Antalya ili gibi güneşli bölgelerde güneş panellerinin performansını daha verimli hale getirmek için çevresel koşulların optimize edilmesinin önemini vurgulamaktadır. Elde edilen veriler, yenilenebilir enerji sistemlerinin etkinliğini artırmak ve enerji verimliliği sağlamak amacıyla yapılacak iyileştirmeler için yol gösterici olacaktır.

TEŞEKKÜR

Bu çalışma TÜBİTAK 123M591 numaralı proje kapsamında imal edilen güneş paneli test odası kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Tüm yazarlar desteklerinden ötürü TÜBİTAK'a teşekkür etmektedirler.

KAYNAKÇA

[1]. Canka Kılıç, Fatma., Güneş Enerjisi, Türkiye'deki Son Durumu ve Üretim Teknolojileri, Engineer & The Machinery Magazine, Aralık,25,12,2015.

[2]. GEPA. 2015. http://www.eie.gov.tr/MyCalculator/Default. aspx, (Erişim tarihi: 12.11.2015).

[3]. TMMOB Makina Mühendisleri Odası., "Türkiye'nin Enerji Görünümü,"Ankara 2014 .

[4]. Ji, Weian, et al., Experimental study of a direct expansion solar-assisted heat pump (DX-SAHP) with finned-tube evaporator and comparison with conventional DX-SAHP, Energy and Buildings 207,Ocak, 15,01,2020.

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

[5].STANEK, Bartosz, et al. An experimental study on parabolic trough collector in simulated conditions by metal-halide solar radiation simulator. Archives of Thermodynamics, 2022.

[6].HOSSEINI, Seyyed Ahmad, KERMANI, Ali M.; ARABHOSSEINI, Akbar. Experimental study of the dew formation effect on the performance of photovoltaic modules, Renewable Energy,Ocak, 2019.

[7].SOWMY, Daniel Setrak ARA, Paulo José Schiavon; PRADO, Racine TA. Uncertainties associated with solar collector efficiency test using an artificial solar simulator, Renewable Energy,Ağustos, 2017.

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

FOTOVOTAİK GÜNEŞ PANALİ PERFORMANSININ İKLİMSEL TEST ODASINDAKİ İNCELENMESİ ve MAKİNE ÖĞRENMESİ ALGORİTMALARI ile MODELLENMESİ

Fatma PAPATYA
Fırat Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makine Mühendisliği, 231120105@firat.edu.tr - 0009-0005-2277-6170
Doç. Dr. Mehmet DAŞ
Fırat Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makine Mühendisliği, m.das@firat.edu.tr - 0000-0002-4143-9226
Prof. Dr. Ebru AKPINAR
Fırat Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makine Mühendisliği, ebruakpinar@firat.edu.tr - 0000-0003-0666-9189

ÖZET

Bu çalışma, bir iklimsel test odasında, hava ısıtmalı sistemler ile fotovoltaik (PV) güneş panelinin enerji verimlilik değerlerinin deneysel olarak incelenmesini ve elde edilen verilerin makine öğrenmesi algoritmaları ile modellenmesini kapsamaktadır. Güneş enerjisi sistemlerinin performansı, çevresel koşulların değişkenliğinden önemli ölçüde etkilenmektedir. Bu bağlamda, Türkiye'nin Antalya ili için T.C. Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nden temin edilen aylık ortalama sıcaklık, nem, hava hızı ve güneş radyasyonu verilerine dayanarak, test odasında ortam koşulları, belirlenen maksimum ve minimum ölçüm aralıklarına göre ayarlanmıştır. Çalışma sırasında farklı ışınım seviyeleri ve ortam sıcaklıklarında deneysel ölçümler yapılmış ve bu koşullar altında güneş panellerinin enerji performansı gözlemlenmiştir. Test odasındaki polikristal PV panelin elektrik üretim verimliliği analiz edilmiştir. Deneysel sonuçlar, PV panelin elektrik üretim değeri temel parametreleri belirlemek için kullanılmış ve bu veriler doğrultusunda makine öğrenmesi modelleri geliştirilmiştir. Destek vektör makineleri (DVM), yapay sinir ağları (YSA) ve karar ağaçları (KA) gibi farklı algoritmalar kullanılarak elektrik üretim tahmin modelleri oluşturulmuştur. Modellerin doğruluk performansları değerlendirilmiş ve en uygun algoritma seçimi yapılmıştır. Elde edilen bulgular, güneş enerjisi sistemlerinin iklim koşullarına bağlı verimliliğini artırmak için kullanılabilir. Bu çalışma, enerji sistemlerinin tasarımı ve optimizasyonunda yenilikçi çözümler sunmayı hedeflemektedir. Ayrıca, makine öğrenmesi tabanlı modelleme yöntemlerinin, enerji sistemleri için güvenilir bir tahmin aracı olarak kullanılabileceği ortaya konulmuştur. Çalışma sonuçlarının hem akademik hem de endüstriyel uygulamalara katkı sağlaması beklenmektedir.

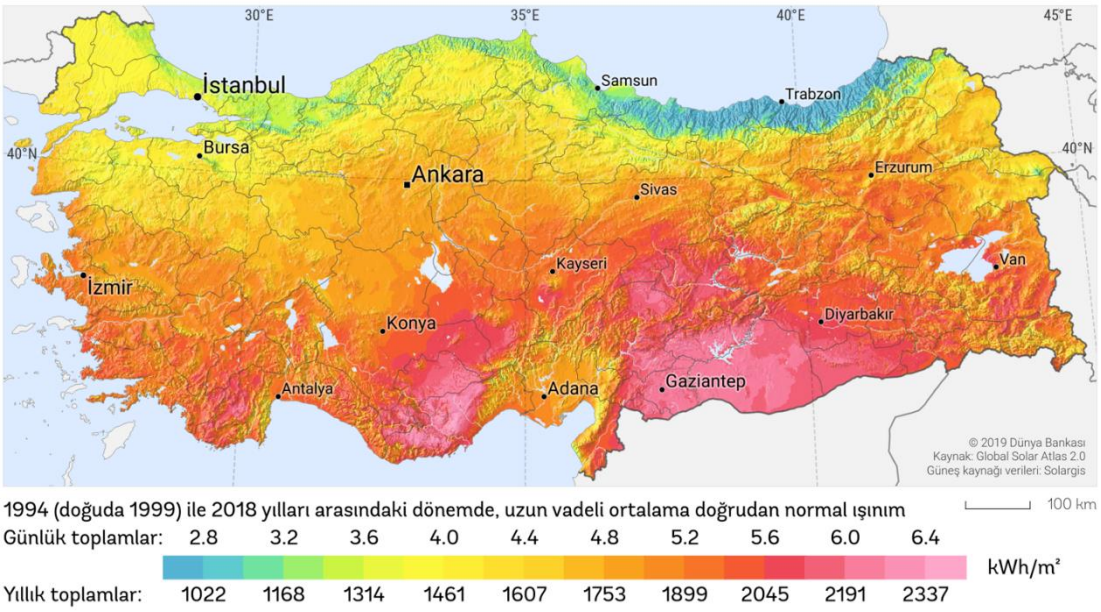
Anahtar Kelimeler: Fotovoltaik Güneş panelleri, Test odası, Yapay zekâ, Makine öğrenmesi

1. GİRİŞ

Artan enerji ihtiyacı ve fosil yakıtların çevresel etkileri, yenilenebilir enerji kaynaklarının önemini artırmıştır. Güneş enerjisi, çevre dostu, sürdürülebilir ve çeşitli uygulamalara sahip bir

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

enerji kaynağı olarak dikkat çekmektedir. Fotovoltaik (PV) güneş panelleri, güneş ışığını elektrik enerjisine dönüştürürken, hava ısıtmalı güneş panelleri termal enerji üretiminde kullanılmaktadır. Bu sistemlerin verimliliği, çevresel faktörlerden büyük ölçüde etkilenmektedir ve bu durum, enerji sistemlerinin performansını anlamada önemli bir faktör olarak öne çıkmaktadır. Güneş enerji sistemlerinde ilk yatırım maliyetinin düşük olması, Türkiye genelindeki illerde güneş ışınımının oldukça verimli olması, güneş enerjisinin çevreci ve bedava bir enerji kaynağı olması bu sistemin avantajlarındandır. Ancak bu sistemin bir dezavantajı da vardır o da güneş enerjisi sürekli bir enerji değildir.



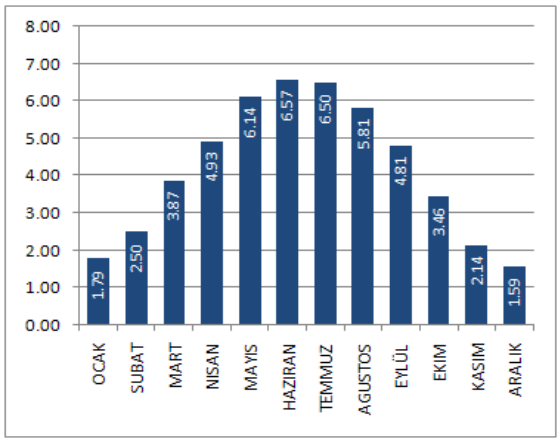
Görsel 1. Türkiye Doğrudan Güneş Işınım Potansiyeli (https://solargis.com/)

Görsel 1'e göre Türkiye'nin en fazla güneş ışınım değerlerine sahip bölgelerini Güneydoğu Anadolu, Akdeniz, Doğu Anadolu, İç Anadolu, Ege, Marmara ve Karadeniz olarak sıralayabiliriz. Bu bölgeler coğrafi olarak güneşlenme süresi bakımında en iyi sonuç alınabilen yerlerdir. Türkiye' de illere göre güneşlenme süreleri incelendiğinde (Görsel 3) ise en fazla ve en az güneş alan ayların temmuz ve aralık ayları olduğu görülmektedir. İllere göre güneş ışınım değerleri göz önünde bulundurulduğunda (Görsel 2) Karadeniz bölgesi dışında yılda birim metre kareden 1.100 kWh'lik enerji üretilebileceği gözlemlenmektedir.

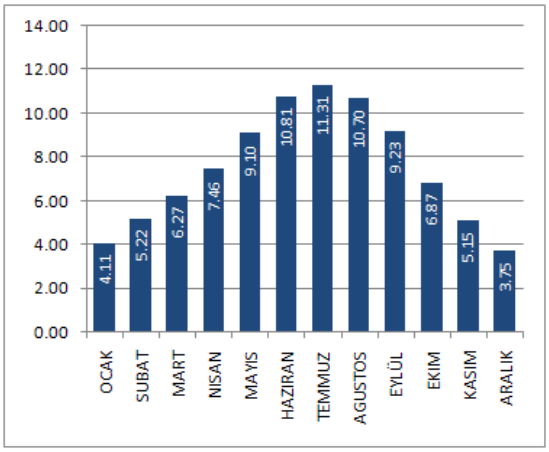
Çizelge 1, Türkiye'de yenilenebilir enerji kurulu gücü göstermektedir. 2024 yılı Temmuz ayı sonu itibarıyla Türkiye'nin kurulu gücünün kaynaklara göre dağılımının; %28,5'i hidrolik enerji, %21,9'u doğal gaz, %19,3'ü kömür, %10,9'u rüzgâr, %15,6'sı güneş, %1,5'i jeotermal ve %2,4'ü de diğer kaynaklar şeklinde sıralandığı ifade edilebilir[2]. Türkiye'nin mevcut kullanılan enerji kaynakları içerisinde düşük bir paya sahip güneş enerjisinin yaygın kullanıma sahip olmaması, yüksek maliyet, uzun amortisman süresi ve kişilerin güneş enerjisi sistemleri performans ve kullanımları hakkında yeterince bilgi edinememesi gibi sebepler ile açıklanabilir. Bunların haricinde fosil kökenli enerji maliyetlerinin giderek artması insanları

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

alternatif enerji kaynaklarına yönlendirmektedir. Bu durum neticesinde güneş enerjisi kullanımının giderek artacağı öngörülmektedir.



Görsel 2. Türkiye Global Radyasyon Değerleri (KWh/m2) [1]



Görsel 3. Türkiye Güneşlenme Süreleri (Saat) [1].

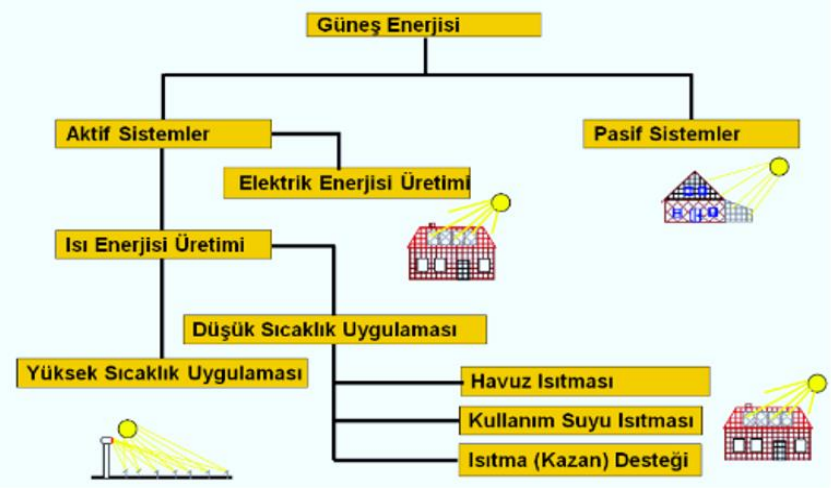
Çizelge 1: Türkiye'de Yenilenebilir Enerji Kurulu Gücü (MW)[2]

Yıllar	Hidroelektrik	Rüzgâr	Güneş	Jeotermal	Biyokütle
2011	17137	1729	-	114	115
2012	19609	2261	-	162	159
2013	22289	2760	-	311	224
2014	23673	3630	40	405	288
2015	25868	4503	249	624	362
2016	26681	5751	833	821	489
2017	27273	6516	3421	1064	634
2018	28291	7005	5063	1283	811
2019	28503	7591	5995	1515	1163
2020	30984	8832	6667	1613	1485
2021	31493	10607	7816	1676	2035
2022*	31558	10976	8479	1686	2172

Güneş enerjisi günümüzde farklı uygulama alanlarına sahiptir. Görsel 4'te güneş enerjisinin genel kullanım alanları verilmiştir. Güneş enerji sistemleri içerisinde en çok kullanılan

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

düzlemsel güneş panelleridir. Düzlemsel güneş panelleri (DGP) ısı ve elektrik üreten paneller olmak üzere iki guruba ayrılır[3]. Isı üreten DGP'ler, hava ve su ısıtıcılı panellerdir. Isı üreten paneller çevre şartlarına göre ortalama %40 ile %70 enerji verim değerleri arasında çalışırlar. Elektrik üreten mono veya poli-kristal güneş panelleri ortalama %15 verim ile çalışırlar. DGP performansını etkileyen en önemli faktörler panelin kurulduğu bölgenin güneş radyasyon değeri, panel eğim açısı ve çevresel faktörlerdir (sıcaklık, nem ve rüzgâr)[4]. Güneşlenme süresi, radyasyon değerleri ve güneş panellerinin kurulduğu bölgenin iklim şartları panellerin termal performansını belirleyen önemli bir parametredir. DGP tasarımı, kurulumu ve kullanımı açısından panel termal enerji performans değeri oldukça önemlidir.

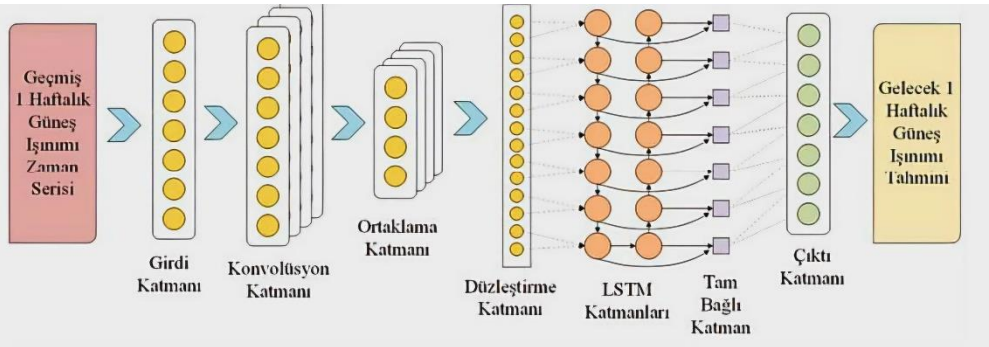


Görsel 4. Güneş enerjisinin kullanım alanları

Güneş enerjisinin sürdürülebilirliği ve çevre dostu oluşu, bu alandaki araştırmaları giderek daha da önemli hale getirmektedir. PV panellerin analizleri, bu sistemin tasarımına ilişkin karşılaştırmalar ve performans tahminlerinin doğruluğunu artırmaya yönelik yeni yöntemler, literatürde geniş bir ilgi oluşturmuştur.

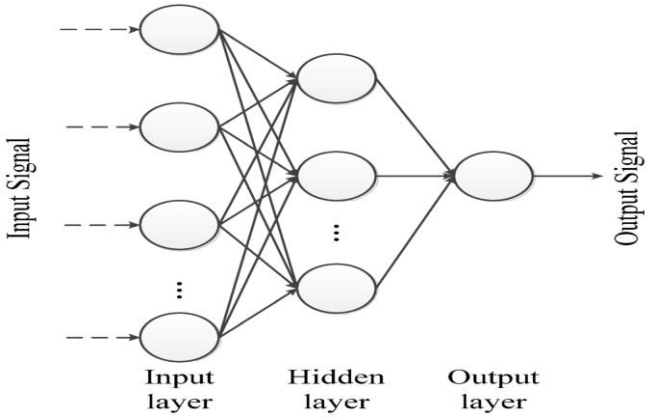
Eşlik ve ekip arkadaşları, güneş ışınımı tahmini için CNN ile LSTM mimarilerini bir araya getiren yenilikçi bir model geliştirmişlerdir. Bu modelin performansı, ARIMA istatistiksel yöntemi ve farklı makine öğrenmesi teknikleri olan Rastgele Orman, Karar Ağaçları ve K-En Yakın Komşu ile karşılaştırılarak incelenmiştir. Çalışmada, Afyon Kocatepe Üniversitesi'nde yer alan bir piranometre aracılığıyla saatlik ölçülen güneş ışınımı verileri kullanılmaktadır. Deneysel bulgular, CNN-LSTM modelinin, RMSE, MAE, MAPE ve r^2 değerlendirme ölçütleri açısından, tahminlerde en düşük başarıyı gösteren Karar Ağaçları modeline göre sırasıyla %16,92, %17,25, %17,24 ve %22,89 daha etkili sonuçlar ürettiğini göstermektedir [5].

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



Görsel 5. Önerilen hibrit derin öğrenme modeli akış şeması

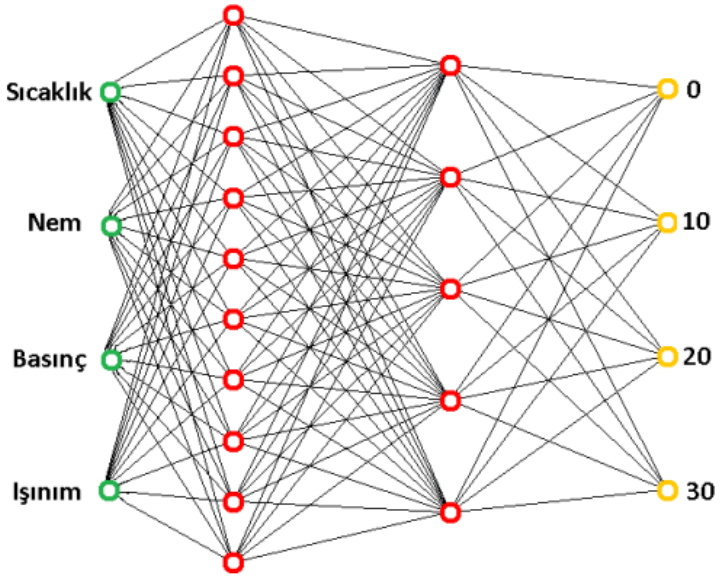
Zhu ve çalışma arkadaşları, fotovoltaik (PV) enerji santralleri için güç tahmini yaparken, fotovoltaik gücün değişken niteliklerinden ötürü geleneksel doğrusal veya zaman serisi temelli tahmin yöntemleri yerine, dalgacık ayrıştırma (WD) ve yapay sinir ağlarının (YSA) avantajlarını bir araya getiren yenilikçi bir yaklaşım geliştirmişlerdir. YSA'nın doğrusal olmayan ilişkileri işleme kapasitesi sayesinde, teorik güneş ışınımı ve meteorolojik değişkenler, WD ve YSA tabanlı hibrit modelin girdileri olarak belirlenmiştir. Bu araştırma, WD ve YSA kullanarak PV enerji santrallerinin güç çıktısını tahmin etmeyi amaçlayan bir metodoloji sunmaktadır. PV güç çıkış serisinin periyodik ve durağan olmayan doğası nedeniyle, çıkışın çok ölçekli ayrıştırmasını gerçekleştirmek için dalgacık analizi tekniği benimsenmiştir. Ayrıca, YSA yardımıyla çeşitli sinyal katmanlarına dayalı tahmin modelleri oluşturarak fotovoltaik santralin tahmin sonuçlarını elde etmişlerdir [6].



Görsel 6. Üç katmanlı yapay sinir ağı

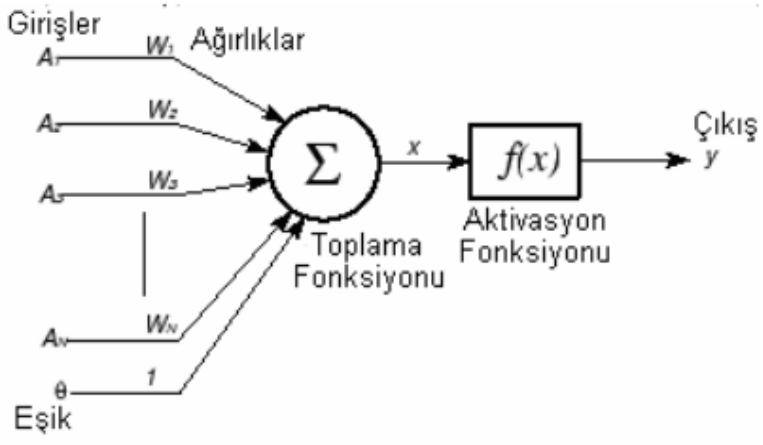
Akal ve ekibi, kurdukları fotovoltaik panellerden elde edilen verileri (sıcaklık, nem, basınç, ışınım) kullanarak güç değerlerini tahmin etmek için ileri beslemeli geriye yayılımlı yapay sinir ağları ve K-En Yakın Komşu (KNN) yöntemlerinden yararlanmışlardır. Gerçek saha koşullarında toplanan panel verileri her iki yöntemle eğitilerek sonuçlar karşılaştırılmıştır. Sonuç olarak, panelin güç değerleri en yüksek %98,7945 doğruluk oranıyla geliştirilen yapay sinir ağı modeli aracılığıyla sınıflandırılmıştır. Bu çalışma, güneş enerjisi tahmini için oluşturulan makine öğrenmesi modellerinin yüksek performansa sahip olduğunu ve gerçek verilere oldukça yakın sonuçlar üretebildiğini göstermektedir. Ayrıca, belirlenen yük talebine

göre değişik özellikteki lokasyonlarda her iki yapay zeka modelinin de kullanılabileceği sonucuna ulaşmışlardır [7].



Görsel 7. Yapay sinir ağları modelinin grafiksel gösterimi

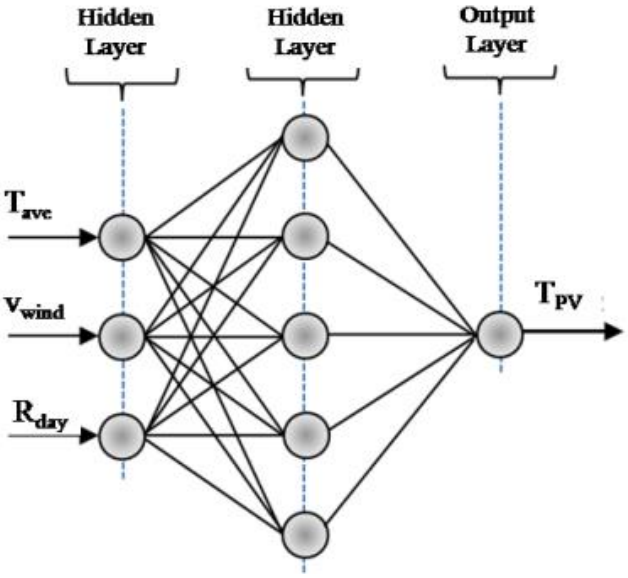
Arslan ve arkadaşları, Mersin ilinde bir yıl boyunca her gün toplam global güneş ışınlarımı kullanarak Yapay Sinir Ağı (Yapay Sinir Ağı - ANN) modelinin tahmin modelinin değerlendirmesini yapmıştır. Çalışmada ayrıntıları ANN modelinin performansı, r^2 değeri 0,75 ve ortalama Mutlak Yüzde Hata (MAPE) değeri %27,67 olarak hesaplanmıştır[8].



Görsel 8. YSA'nın Süreç Elemanları

Coşkun ve arkadaşları Rize'de, fotovoltaik panellerin yüzey bilgisayarlarını tahmin etmek için yeni bir Yapay Sinir Ağı (YSA) modeli kullanmışlardır. Bu modelin eğitim sürecinde dış sıcaklık, güneş radyasyonu ve rüzgâr hızı giriş verileri olarak kullanmışlardır. YSA, giriş katmanındaki bu değişkenlere dayanarak fotovoltaik panelin yüzeyin silinmesiyle modellenmiştir. Çalışmada üç farklı program denemiş ve sonuçlar karşılaştırmışlardır. En iyi tahmini Leveberg- Marquardt (LM) algoritmasının verdiğini tespit etmişlerdir. Ayrıca YSA temelli bu yaklaşımın, geleneksel bağıntı yöntemlerine kıyasla yüzey sıcaklık tahminlerinde daha iyi performans sergilediğini gözlemlemişlerdir[9].

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



Görsel 9. Panel yüzey sıcaklığının dış sıcaklığa göre değişimi

İklimsel test odaları, çeşitli sektörlerde kullanılan ve çevresel koşulları simüle edip kontrol etmeye yarayan özel test ekipmanlarıdır. Bu odalar, ürünlerin farklı iklim senaryolarında performansını, dayanıklılığını ve güvenilirliğini değerlendirmek için kullanılır[10].
Bu odalar, otomotiv, havacılık, elektronik, ilaç ve gıda işleme gibi sektörlerde yaygın olarak kullanılır.
Başlıca Kullanım Alanları:

- **Ürün Güvenilirliği ve Dayanıklılığı:** Ürünlerin aşırı sıcak, çok soğuk, düşük veya yüksek nem gibi koşullarda nasıl performans gösterdiğini anlamak için testler yapılır.
- **Kalite Güvencesi:** Üreticiler, piyasaya sürmeden önce ürün kalitesini artırmak ve olası sorunları tespit etmek için bu odalardan faydalanır.
- **Hassas Kontrol:** İzole edilmiş bir ortamda sıcaklık, nem, ışık ve diğer çevresel faktörlerin kontrolü sağlanarak tekrarlanabilir testler gerçekleştirilir[11].

Ji ve arkadaşları, güneş destekli ısı pompası sisteminin donma koşullarındaki performansını incelemek için bir test odası tasarlamışlardır. Sistemi, 7 °C ila -3 °C ortam sıcaklıkları, %50, %70 ve %90 bağıl nem ve 0 W/m^2, 100 W/m^2 güneş ışınımları ile çeşitli donma koşulları altında test etmişlerdir. Tasarladıkları test odasında kullandıkları klima santrali kontrol edilebilir hava döngüsü sunan soğutucular, ısıtıcılar ve sabit bir fandan oluşmuştur. Güneş simülatörü olarak sabit halojen lambalar kullanmışlardır[12].

Singh ve arkadaşları, dairesel hava jeti dizilerine sahip iki farklı havalı güneş panellerinin termohidrolik verimini incelemek için laboratuvar ortamında bir test sistemi geliştirdiler. Ortam rüzgârının etkisi incelemek için sabit konumlu bir fan, ortam hava sıcaklığını sabitlemek için bir klima kullanmışlardır. Klimanın ortam havası sıcaklığını hangi aralıkta değiştirdiğinden bahsetmemişlerdir. Güneş simülatöründe her biri 500 W kapasiteli 7 halojen tüp kullanmışlardır. Simülatörü panelin yüzeyine paralel olacak şekilde sabit bir konuma yerleştirmişlerdir[13].

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

Bu çalışmada, PV paneller performansları bir iklimsel test odasında incelenmiş ve elde edilen veriler makine öğrenmesi algoritmalarıyla modellenmiştir. Araştırmanın amacı, çevresel koşulların enerji verimliliği üzerindeki etkilerini belirlemek, bu sistemlerin performansını tahmin etmek ve optimizasyon süreçlerinde kullanılabilecek araçlar geliştirmektir.

2. MATERYAL ve METOT

Bu çalışmada, Türkiye'nin Antalya ili için aylık ortalama sıcaklık, nem, hava hızı ve güneş radyasyonu değerleri, T.C. Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nden temin edilmiştir. Bu verilere dayanarak, Antalya iline ait maksimum ve minimum ölçüm aralıkları belirlenmiş ve test odasında ortam koşulları, bu belirlenen aralıklara göre ayarlanmıştır. Ortam koşulları altında PV güneş panelinin enerji performansı gözlemlenmiştir. Deneysel prosedüre örnek verilecek olursa, Meteoroloji Genel Müdürlüğü tarafından 2022 yılı Aralık ayında Antalya ili için ölçülen ortalama sıcaklık 11,7 °C, güneş radyasyonu 429 W/m², nem % 68 ve rüzgâr hızı ise 12,2 m/s olarak kaydedilmiştir. Bu verilere göre test odasında ortamın sıcaklık, nem, güneş radyasyonu ve hava hızı gibi parametreleri ayarlanmış ve Antalya ili için güneş panellerinin performansı değerlendirilmiştir. Bu değerlendirme için, panel yüzeyine gelen güneş radyasyon değerleri, panel hücre sıcaklıkları, ortam nemi ve ortam sıcaklığı ölçülmüştür. Bu ölçümler sonucunda elde edilen veriler ile veri setleri oluşturulmuş ve bu veri setleri kullanılarak PV panelin elektriksel güç üretimi PV Watt değeri 3 farklı makine öğrenmesi algoritması ile modellenmiştir.

DGP test odası için tasarlanan sistemde havanın nem ve sıcaklık değişimi için nem kontrol üniteli bir iklimlendirme ünitesi kullanılmıştır. Bu sistem sayesinde hava sıcaklığı -5 +50 °C derece arasında kontrol edilebilmiş ve hava nem değeri %10-%90 değerleri arasında değiştirilebilmiştir. Ayrıca ayarlanabilir fan devir ve yön kontrollü hava şartlandırıcı sistem ile DGP üzerindeki rüzgar etkisini incelemek için hava istenilen yön ve hız şiddetlerinde üretilebilmiştir. Işınım değerleri ayarlaması için halojen projektör sistemi (HPS) kullanılmıştır. Projektörler sayesinde 0-1500 W/m^2 arasında ışınım değerleri elde edilebilmiştir. Güneş ışınımının DGP üzerindeki etkilerini incelemek için HPS ye açık çevirim çalışacak güneş takip sistemi (GTS) uygulanmıştır.

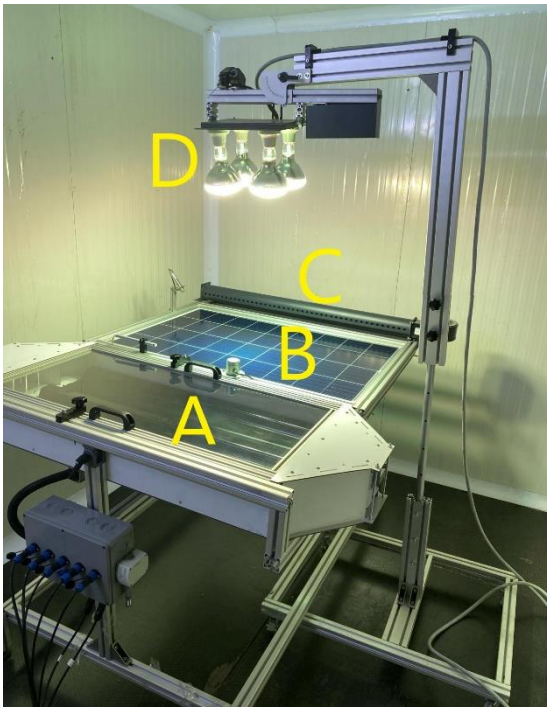
Test odasının dış görünümü Görsel 10'da verilmiştir. Tasarlanan güneş paneli performans test odasının iç görünümü ve deney düzeneği Görsel 11'de gösterilmiştir. Test odasında, (a) 40,5 x 91,5 boyutunda havalı güneş kolektörü (HGK), (b) 15,5 x10,5 boyutunda 115 Watt gücünde 36 hücreden oluşan fotovoltaik (PV) güneş paneli, (c) rüzgâr simülatörü ve 0-1500 W/m² aralığında güneş radyasyon değeri elde etmek için (d) 4 adet halojen projektör kullanılmıştır. Oda sıcaklıkları ise iklimlendirme ünitesi yardımıyla +5 ile +30 °C arasında ayarlanmıştır. Test odası havasının sıcaklığı, 30°C ile 80°C arasında değiştirilmiş ve bu işlem için rezistanslı ısıtma ünitesi kullanılmıştır. Oda havasının sıcaklığını -5°C ile +50°C arasında değiştirmek için buhar sıkıştırmalı soğutma sistemi uygulanmıştır. Nem değerlerinin kontrolü için nem kontrol ünitesi kullanılmış, saatlik 2 kg/h sıcak buhar üreten ve saatlik 0,5 kg nem alabilen bu ünitenin yardımıyla oda içindeki nem değeri %10 ile %80 arasında değiştirilebilmiştir. Test odasının ısıl

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

yalıtımı, 0,025 W/mK ile 0,090 W/mK arasında ısı iletimine sahip yalıtım malzemeleri ile sağlanmıştır. Oda içinde, güneş panellerinin montajı için özel olarak tasarlanmış bir platform kullanılmış ve bu platformda panel eğim açıları, açı divizörleri ile ayarlanabilmiştir. Bu sayede, her bir panelin çalışması farklı deneysel koşullar altında titizlikle incelenmiştir.



Görsel 10. İklimsel test odası



Görsel 11. Deney düzeneği

2.1. Yapay Zekâ Yöntemleri

Bu çalışmada geleneksel analiz yöntemlerinin sınırlamalarını aşmak için, yapay zeka ve makine öğrenmesi tabanlı yaklaşımlar kullanılmıştır.

2.1.1. Yapay Sinir Ağları

Yapay sinir ağları (YSA), insan beyninin çalışma mekanizmalarını taklit etme amacı güden bir yapıdır. Bu modeller, girdi alanındaki verileri belirli bir fonksiyon aracılığıyla çıkış alanındaki karşılıklarıyla ilişkilendirir [14]. YSA'lar, örüntü tanıma, tahmin yapma ve sınıflandırma gibi birçok alanda kullanılmaktadır. İnsan benzeri bir öğrenme sürecine sahip olan bu ağlar, örneklerden öğrenme yoluyla geliştirilir; bu sebeple veri setleri, eğitim ve test grupları olarak iki kısma ayrılır.

2.1.2. Karar Ağaçları

Karar ağaçları (KA), özellikle son yıllarda popüler hale gelen bir sınıflandırma ve örüntü tespiti yöntemidir. Bu teknik, ağaç yapıları için kullanılan kuralların basit ve anlaşılır olmasından dolayı tercih edilmektedir. KA, sınıflandırma işlemlerini adım adım ve sıralı bir şekilde gerçekleştirir [15]. Temel yapısı, düğümler, dallar ve yapraklar olarak adlandırılan üç ana

bölümden oluşmaktadır. Buradaki her öznitelik (örneğin, sıcaklık, nem) ayrı bir düğümle temsil edilir. Dallar ve yapraklar ise bu yapının ek elemanlarıdır ve ağaçtaki kök en üstte bulunurken, yapraklar en alttadır. Eğitim verileri üzerinden oluşturulan bir KA yapısında, belirli sorular sorulup yanıtlar alınarak en hızlı sonuca ulaşılması amaçlanır, bu sayede KA, verilen cevaplar üzerinden karar kuralları oluşturur. Sınıflandırma işlemi, ilk olarak kök düğümde sorularla başlar ve sonunda dalları olmayan düğümlere veya yapraklara ulaşıncaya kadar sürer [16].

2.1.3. Destek vektör makineleri (DVM)

Destek vektör makineleri (DVM), 1995 yılında Vapnik tarafından geliştirilen bir makine öğrenmesi tekniğidir ve veri odaklı alanlarda yaygın olarak kullanılır. DVM, istatistiksel öğrenme teorisine dayanarak iki veri sınıfını etkin bir şekilde ayırmak için kullanılır. Bu bağlamda, karar sınırları veya hiper düzlemler oluşturulmaktadır. Eğer veri kümesi doğrusalsa, DVM'ler doğrusal bir hiper düzlem belirlerken; doğrusal olmayan durumlar için çekirdek yöntemleri devreye girer.

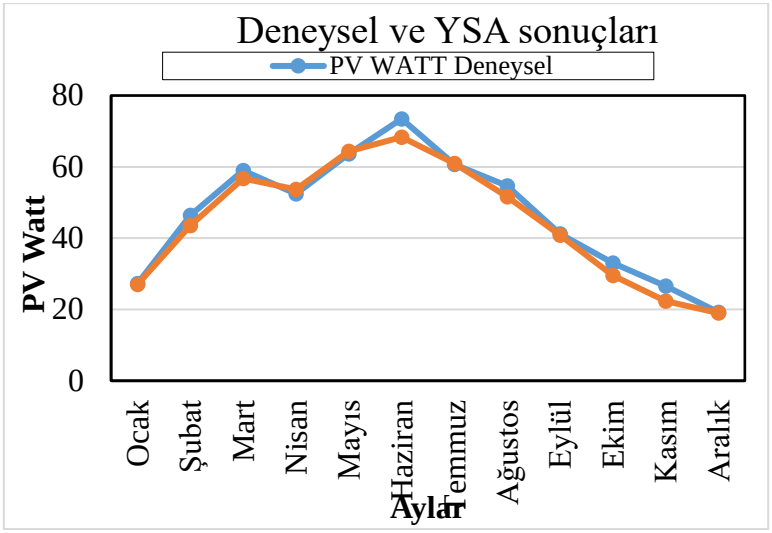
3. BULGULAR

Yapılan yapay zeka modellerinde veri seti olarak kullanılan veri setlerini oluşturmak için test odasında Antalya ili için 12 aylık ortalama değerlere göre iklimsel şartlar oluşturulmuş ve PV panelin elektriksel güç üretim değeri PV Watt deneyleri yapılmıştır. Kullanılan veri seti Çizelge 2'de verilmiştir. Çizelge 2 ye göre PV Watt değerleri sırası ile YSA, DVM ve KA algoritmaları ile modellenmiş ve sonuçları Görsel 12-14 de verilmiştir.

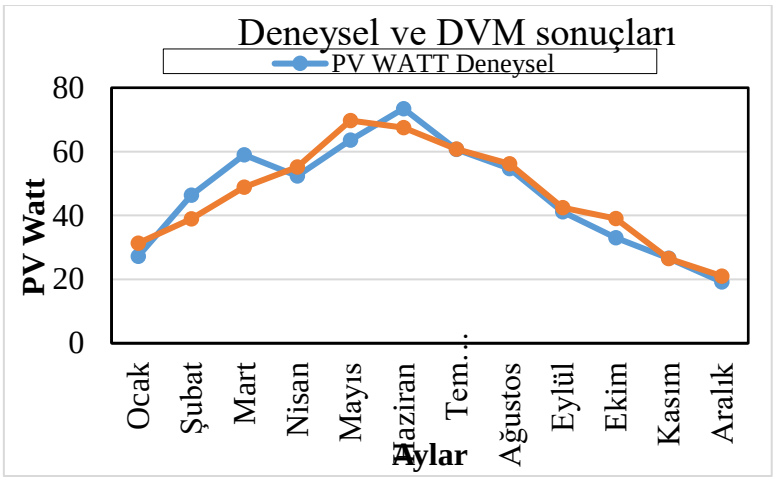
Çizelge 2. Kurutma Deneylerinde Yapılan Hataların Toplam Değerleri

Veri Seti Parametreleri (Giriş)	
Ortam Sıcaklık	°C
Ortam Nem	%
PV Yüzey Sıcaklık	°C
Güneş Radyasyon	W/m^2
HGK Çıkış Sıcaklık	°C
Modellenen Parametre (Çıkış)	
PV Güç	Watt

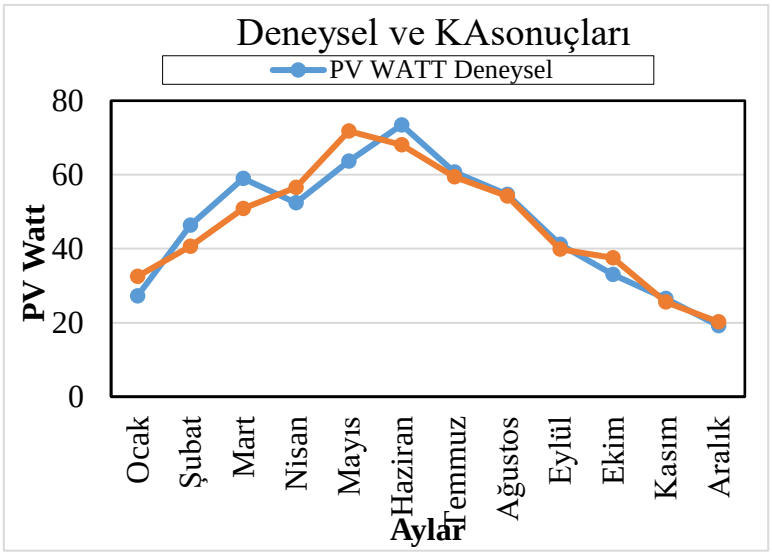
ISBN NR. : 978-625-5962-10-2



Görsel 12. PV Watt değerlerinin YSA model sonuçları ile Deney sonuçları



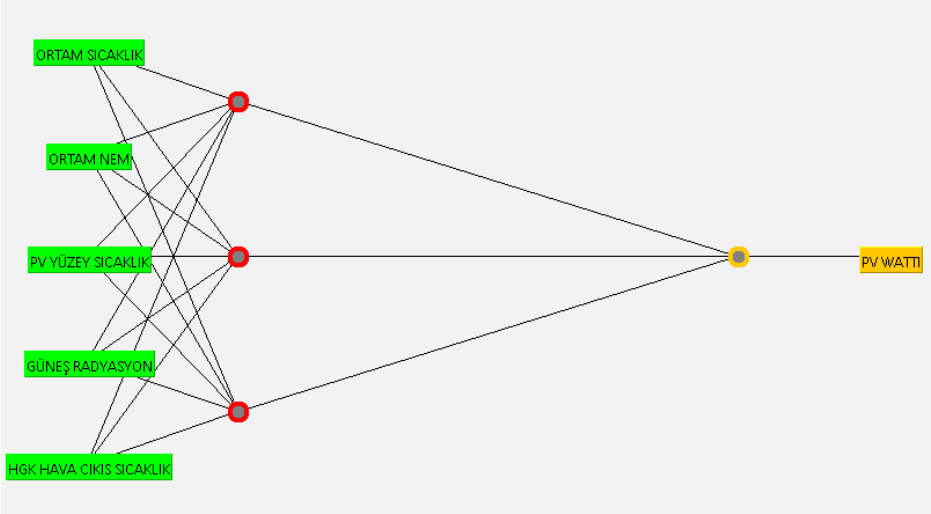
Görsel 13. PV Watt değerlerinin DVM model sonuçları ile Deney sonuçları



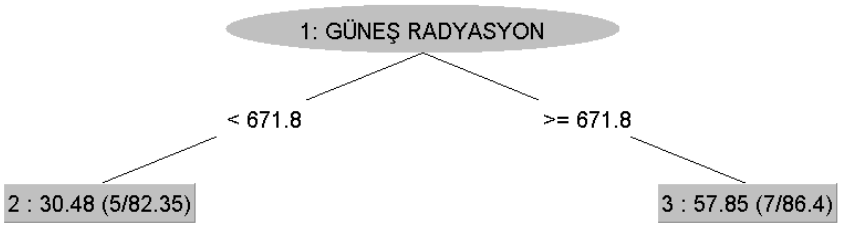
Görsel 14. PV Watt değerlerinin KA model sonuçları ile Deney sonuçları

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

PV Watt değeri için oluşturulan YSA ağ yapısı ve KA ağaç yapısı Görsel 15 ve 16 de verilmiştir. YSA yapısı için 5 giriş ve 1 çıkıştan oluşan ağ kullanılmıştır. KA modelinde ise en etkili girdi parametresi olarak güneş radyasyon seçilmiş ve 2 kurala göre model oluşturulup ortalaması alınmıştır.



Görsel 15. YSA yapısı



Görsel 16. KA ağaç yapısı

Çizelge 3 de PV Watt değeri için oluşturulan modellerin hata değerleri verilmiştir. Hata analizi için ortalama bağıl hata (MAE) ve kök ortalama karesel hata (RMSE) seçilmiştir. Bu çizelgeye göre en az hata değeri YSA algoritmasına aittir.

Çizelge 1. Yapay Zekâda Modelleri Hata Sonuçları

YSA		DVM		KA	
MAE	2.0005	MAE	3.9367	MAE	3.8556
RMSE	2.5977	RMSE	4.9808	RMSE	4.6946

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

4. SONUÇLAR VE DEĞERLENDİRME

Bu çalışmada, fotovoltaik güneş panelini enerji verimliliği, çeşitli çevresel koşullar altında yapılan deneysel ölçümlerle incelenmiş ve elde edilen veriler, makine öğrenmesi algoritmaları kullanılarak modellenmiştir. Deneysel bulgular, çevresel faktörlerin güneş enerjisi sistemlerinin performansı üzerinde önemli bir etkisi olduğunu göstermektedir. Özellikle, ortam sıcaklıkları, ışınım seviyeleri ve rüzgâr hızının, fotovoltaik panellerin elektrik üretim verimliliği üzerinde belirleyici rol oynadığı gözlemlenmiştir.

Makine öğrenmesi algoritmaları ile geliştirilen enerji verimliliği tahmin modelleri, sistemlerin davranışlarını doğru bir şekilde modelleyebilmiş ve doğruluk oranları yüksek sonuçlar elde edilmiştir. DVM YSA ve KA algoritmaları arasında yapılan karşılaştırmalar, her bir algoritmanın farklı koşullarda farklı performanslar sergilediğini ortaya koymuştur. En iyi doğruluk oranına sahip algoritma, sistem verimliliğini en iyi şekilde tahmin edebilmiş ve enerji üretimi ile termal verimlilik arasındaki etkileşimleri en doğru şekilde modellemiştir. En iyi model YSA ile 2.597 RMSE hata değerinde elde edilmiştir. Genel olarak modellerin hata değerleri yüksektir, fakat daha fazla veri üretilip farklı makine öğrenmesi algoritmaları ile daha az hatalı modeller elde etmek mümkündür.

Çalışma sonuçları, güneş enerjisi sistemlerinin iklimsel faktörlere bağlı olarak verimliliklerinin optimize edilebileceğini ve bu verilerin doğru bir şekilde işlenmesinin, enerji tasarrufu ve verimlilik açısından büyük önem taşıdığını ortaya koymaktadır. Ayrıca, makine öğrenmesi tabanlı modellerin enerji sistemleri için güvenilir bir tahmin aracı olarak kullanılabileceği ve enerji verimliliğini artırmaya yönelik yenilikçi çözümler sunabileceği sonucuna varılmıştır. Sonuç olarak, bu araştırma, enerji sistemlerinin tasarımında ve optimizasyonunda iklimsel koşulların dikkate alınarak daha verimli ve sürdürülebilir çözümler geliştirilmesine olanak tanımaktadır. Çalışmanın bulguları, hem akademik alanda yeni araştırmalar için bir temel oluşturacak hem de endüstriyel uygulamalara yönelik önemli katkılar sağlayacaktır.

TEŞEKKÜR

Bu çalışma TÜBİTAK 123M591 numaralı proje kapsamında imal edilen güneş paneli test odası kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Tüm yazarlar desteklerinden ötürü TÜBİTAK'a teşekkür etmektedirler.

KAYNAKÇA

[8]. http://www.yegm.gov.tr/MyCalculator/Default.aspx, (Erişim tarihi:12.11.2012).

[9]. GÜNAY, Enver; YILDIRIM, Selvi. Yenilenebilir Enerji Kapasitesi Bakımından Türkiye'nin Potansiyelinin Değerlendirilmesi, Journal of Economics and Research, Eylül,24.09.2024.

[10]. Koşan, M., Demirtaş, M., Aktaş, M., & Dişli, E., Performance analyses of

sustainable PV/T assisted heat pump drying system. Solar Energy, Mart, 15,03,,2020.

[11]. Praveenkumar, S., Agyekum, E. B., Kumar, A., & Velkin, V. I.,Thermo-enviro-economic analysis of solar photovoltaic/thermal system incorporated with u-shaped grid copper pipe, thermal electric generators and nanofluids: An experimental investigation. Journal of Energy Storage, Nisan,2023.

[12]. Eşlik, A. H., Sen, O., & Serttaş, F., Güneş ışınımı tahmini için CNN-LSTM modeli: Performans analizi, Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi,Mayıs, 20,05,2024.

[13]. Zhu, H., Li, X., Sun, Q., Nie, L., Yao, J., & Zhao, G., A power prediction method for photovoltaic power plant based on wavelet decomposition and artificial neural networks, Energies, Aralık,25,12,2015.

[14]. Akal, D., & Umut, İ., Fotovoltaik Panellerde Güç Tahminlenmesi için Yapay Zekâ Yöntemlerinin Kullanılması, Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi, Mayıs,31,05,2022.

[15]. Arslan, G., Bayhan, B., & Yaman, K., Mersin/Türkiye için Ölçülen Global Güneş Işınımının Yapay Sinir Ağları ile Tahmin Edilmesi ve Yaygın Işınım Modelleri ile Karşılaştırılması. Gazi University Journal of Science Part C: Design and Technology, Mart, 24,03,2019.

[16]. Coskun, C., Koçyiğit, N., & Oktay, Z., Estimation of pv module surface temperature using artificial neural networks. Mugla Journal of Science and Technology, Aralık,16,12,2016.

[17]. HAKA, A. T., Climate Test Chambers and Exposure Testing, In Between Making And Knowing, Tools In The History Of Materials Research, 2020.

[18]. Mensah, K., & Choi, J. M. , Energy consumption and stability investigation of constant temperature and humidity test chamber, International Journal of Air-Conditioning and Refrigeration, 2017.

[19]. Ji, W., Cai, J., Ji, J., & Huang, W., Experimental study of a direct expansion solar-assisted heat pump (DX-SAHP) with finned-tube evaporator and comparison with conventional DX-SAHP. Energy and Buildings, Ocak,15,01, 2020.

[20]. Chaurasiya, S. K., & Singh, S., High thermal performance of the solar air heater designs triggered by improved jet stability, Renewable Energy, Mart, 2023.

[21]. Ghritlahre, H. K., Chandrakar, P., & Ahmad, A., Application of ANN model to predict the performance of solar air heater using relevant input parameters. Sustainable Energy Technologies and Assessments, Ağustos, 2020.

[22]. Akpınar, E., & Daş, M., Havalı Güneş Kollektör Destekli Sera Gıda Kurutucu Sisteminin Performansının İncelenmesi, ITU Journal of Food Science and Technology, 27,09,2024.

[23]. Alic, E., Das, M., & Kaska, O., Heat flux estimation at pool boiling processes with computational intelligence methods, *Processes*, Mayıs, 17,05, 2019.

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

PLAKALI ISI DEĞİŞTİRİCİLERİNDE RADYASYON VE DOĞAL TAŞINIMIN TERMAL PERFORMANSA ETKİLERİNİN CFD ANALİZİ

Usame YILDIZ
Kocaeli Üniversitesi / Mühendislik Fakültesi / Makine Mühendisliği,
245109023@kocaeli.edu.tr - 0009-0002-4683-8776

Ar. Gör. Sayit ÖZBEY
Kocaeli Üniversitesi / Denizcilik Fakültesi / Gemi Makineleri İşletme Mühendisliği,
Kocaeli Üniversitesi / Mühendislik Fakültesi / Makine Mühendisliği,
sayit.ozbey@kocaeli.edu.tr - 0000-0002-9782-6997

Dr. Öğr. Üyesi İsmet TIKIZ
Kocaeli Üniversitesi / Denizcilik Fakültesi / Gemi Makineleri İşletme Mühendisliği,
Kocaeli Üniversitesi / Mühendislik Fakültesi / Makine Mühendisliği,
ismet.tikiz@kocaeli.edu.tr - 0000-0003-4477-799X

ÖZET

Isı değiştiricileri, farklı sıcaklıktaki akışkanlar arasında termal enerji transferi sağlayarak enerji verimliliğini artıran kritik mühendislik bileşenleridir. Bu çalışma kapsamında, ANSYS Fluent yazılımı ile doğal taşınımla ısı transferi ve radyasyon modellemesi için iki farklı analiz yöntemi uygulanmıştır. Doğal taşınımla ısı transferi analizinde, katı yapıdaki termal iletim ve akışkan akışındaki konvektif ısı transferi bir arada ele alınmıştır. Bu yöntem, akışkanın yoğunluk farklarıyla hareket ederek ısıyı sıcak alanlardan soğuk alanlara taşıdığı ve bu hareketin ısı transfer performansına etkisini açıklamaktadır. Radyasyon modellemesi ise, özellikle yüksek sıcaklık farklarının olduğu sistemlerde yüzeyler arası enerji transferini elektromanyetik dalgalar yoluyla simüle eder. Analiz sonuçları, ısı değiştiricilerde termal performans optimizasyonu için kritik veriler elde edilmiştir. Endüstriyel uygulamalarda, doğal taşınımla ısı transferi, enerji tasarrufu ve çevresel sürdürülebilirlik hedefleri doğrultusunda önemli katkılar sağlarken, radyasyon etkilerinin modellenmesi ise özellikle yüksek performanslı sistemlerde daha verimli tasarımların geliştirilmesine olanak sağlamaktadır. Bu çalışma sonucunda, her iki mekanizmanın ısı transferi üzerindeki etkileri karşılaştırılmış ve endüstriyel tasarımların optimize edilmesine yönelik çıkarımlar elde edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Radyasyon, ısı transferi, sıcaklık dağılımı, doğal taşınım, ısı değiştirici

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

1. GİRİŞ

Isı değiştiriciler, mühendislik ve endüstriyel uygulamalarda enerji transferinin optimize edilmesinde merkezi bir rol oynamaktadır [1-4] Farklı sıcaklıklardaki akışkanlar arasında termal enerji transferi sağlama yetenekleri, bu cihazların hem enerji tasarrufu hem de çevresel sürdürülebilirlik hedefleri doğrultusunda kritik bir öneme sahip olmasını sağlamaktadır [5]. Isı değiştiricilerin kullanım alanları, enerji üretimi, kimya endüstrisi, otomotiv sektörü, havacılık ve HVAC (ısıtma, havalandırma ve klima) sistemlerinden gıda işleme ve ilaç üretimine kadar geniş bir yelpazeye yayılmaktadır [6, 7]. Geniş kullanım alanına sahip ısı değiştiriciler, mühendislik ve endüstriyel uygulamalarda enerji transferinin optimize edilmesinde merkezi bir rol oynamaktadır [8]. Yüksek ısı transfer yüzeyi sağlama kapasiteleri, düşük ağırlıkları ve kolay bakım gereksinimleri nedeniyle özellikle tercih edilmektedir [9]. Bu cihazlar, ince metal plakaların arasındaki akışkanların karşılıklı veya çapraz akışına dayalı bir yapı ile çalışır ve bu sayede hem konvektif hem de radyoaktif ısı transferini etkili bir şekilde gerçekleştirir [10, 11].

Literatürde, plakalı ısı değiştiricilerin performansını artırmaya yönelik çalışmaların önemli bir kısmı, ısı transfer mekanizmalarının optimize edilmesine odaklanmaktadır [12, 13]. Örneğin, Ref. [14]'de, bir kanat yüzeyinde buzlanma sırasında ısı ve kütle transferi korelasyonları geliştirerek yüzey geometrisinin termal performansa olan etkisini analiz etmişlerdir. Benzer şekilde, Ref. [15]'de yapılan çalışmada, doğal taşınım etkileri altında farklı geometrik şekillerin ısı transferi üzerindeki etkisi detaylı olarak incelenmiştir. ANSYS-FLUENT yazılımı, bu tür analizler için güçlü bir araç olarak bilinmektedir. Yazılım, akışkan dinamikleri ve ısı transferi üzerine yapılan analizlerde yüksek doğruluk sunar ve tasarım sürecinde kritik parametrelerin optimize edilmesine olanak tanır [16].

Literatürde doğal taşınım ve radyasyon etkilerinin bir arada incelendiği çalışmaların sınırlı olduğu görülmektedir [17, 18]. Bu nedenle, bu çalışmanın plakalı ısı değiştirici performansı üzerindeki iki mekanizmayı bir arada değerlendirmesi, literatüre önemli bir katkı sağlamaktadır. Örneğin, Adeyinka ve Naterer [19] tarafından yapılan bir çalışmada, kanat yüzeylerindeki doğal taşınım ve radyasyon etkileri ayrı ayrı incelenmiş, ancak bu iki mekanizmanın birleşik etkileri detaylı bir şekilde ele alınmamıştır. Bu tür eksiklikleri gidermek adına, bu çalışma hem doğal taşınım hem de radyasyon modellemesini içeren kapsamlı bir yaklaşım sunmaktadır.

Bu çalışmada, bir plakalı ısı değiştiricisinin doğal taşınım ve radyasyon ile ısı transferi ANSYS-FLUENT yazılımı kullanılarak incelenmiştir. Doğal taşınımla yapılan analizlerde, yoğunluk farklarına dayalı akışkan hareketleri ve bu hareketlerin ısı transferi üzerindeki etkileri gözlemlenmiştir. Ayrıca, radyasyon etkileri eklenerek yüzeyler arası enerji transferinin toplam performansa katkısı detaylı bir şekilde analiz edilmiştir. Sonuç olarak, bu çalışma, plakalı ısı değiştiricilerin termal performansını artırmaya yönelik önemli bilgiler sunmakta ve her iki mekanizmanın ayrı ayrı ve birlikte incelenmesi, daha verimli cihaz tasarımlarının yapılmasına olanak tanımaktadır. Çalışmanın sonuçları, sadece akademik anlamda değil, endüstriyel uygulamalar açısından da önemli çıkarımlar sunmaktadır. Doğal taşınım ve radyasyon modellemeleriyle elde edilen veriler, ısı değiştiricilerin tasarım parametrelerini optimize etmek

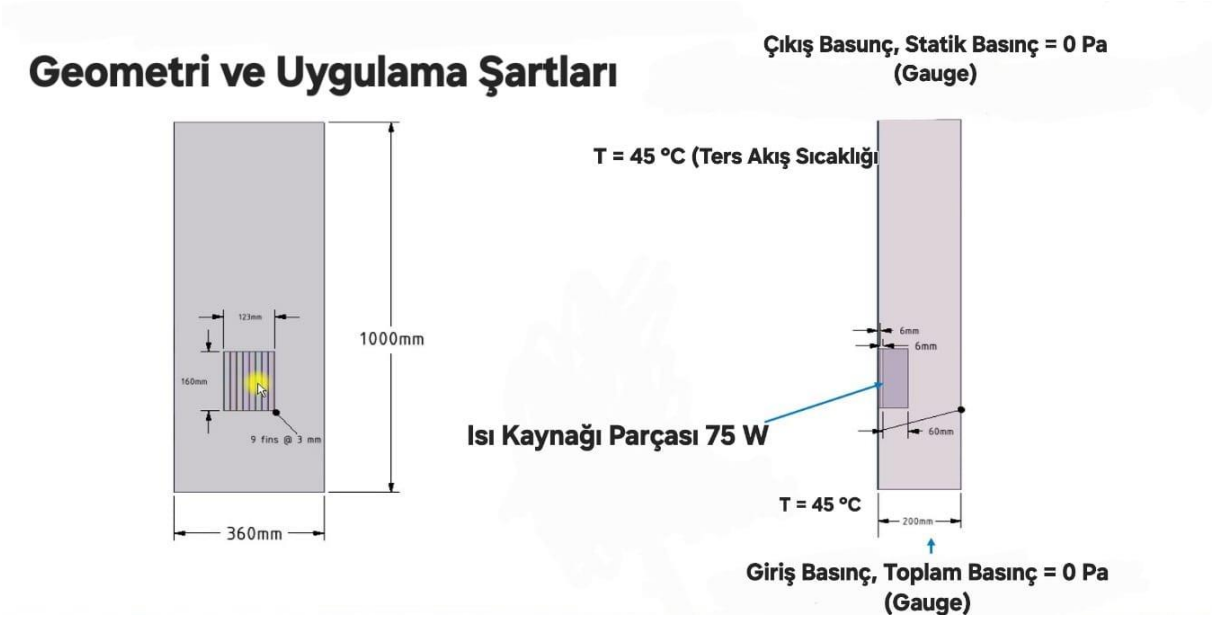
ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

için kullanılabilir. Örneğin, yüksek sıcaklıklı endüstriyel fırınlar, enerji santralleri veya otomotiv soğutma sistemleri gibi uygulamalarda, radyasyon etkilerinin doğru bir şekilde modellenmesi enerji verimliliği üzerinde belirgin bir iyileşme sağlayabilir. Doğal taşınımla çalışan sistemler ise, enerji maliyetlerini düşürme ve çevresel etkileri en aza indirme açısından avantajlıdır.

2. MATERYAL VE YÖNTEM

Bu bölüm, bir plakalı ısı değiştiricisinin doğal taşınım ve radyasyon ile ısı transferinin deneysel kurulumu hakkında bilgileri sunmaktadır. Deneysel çalışma, Şekil 1'de görüldüğü üzere 360 x 1000 x 200 mm boyutlarında bir dikdörtgen kanal içinde gerçekleştirilmiştir. Test alanının duvarları şeffaftır, bu sayede gözlemler ve fotoğraflar kolaylıkla elde edilmiştir. Test parçası olan çip ürünü, test alanında dikey olarak monte edilmiştir. Akış doğal taşınımlı olarak modellenmekte olup atmosfer basıncında 45 ^{o}C giriş sıcaklığına sahiptir. Doğal taşınım olması sebebiyle giriş hızının tanımlanmasına gerek yoktur. Isı kaynağı olan çip malzemesi ise 75 W gücüne sahiptir.

Deneysel çalışmalar için modelin prototip üretimi yapılmıştır. Bu sistemin 3D tasarımı CATIA V5 programı ile yapılmıştır. Analizler ise ANSYS-FLUENT ile gerçekleştirilmiştir. Çalışmada, duvar kalınlığının ısı transferi üzerindeki etkisinin düşük olacağı öngörüldüğünden, duvar kalınlığı 1 mm olarak belirlenmiştir. Duvar yapısı yoğunluğu 1250 kg/m^3, özgül ısısı 1300 J/kg.K, termal iletkenlik değeri ise 0,35 W/(m.K) olan malzeme tanımlanmıştır. Isı kaynağının önünde bulunan soğutma bölümü için ise bakır elementi materyal olarak seçilmiştir. Son olarak ısı kaynağı olan çip için yoğunluğu 1900 kg/m^3, özgül ısısı 795 J/kg.K, termal iletkenlik değeri ise 10 W/(m.K) olan malzeme tanımlanması yapılarak malzeme atama işlemleri tamamlanmıştır.



Şekil 3. Isı plakası parametreleri

Sistem içerisindeki doğal taşınım sıcaklık denklemi, Denklem 1'de verilen şekilde ifade edilmiştir. Bu denklemde, ρ akışkan yoğunluğunu (kg/m^3), T sıcaklığı (K), v akışkan hız vektörünü (m/s), k termal iletkenliği (W/m·K), C_p akışkanın özgül ısısını (W/m·K) ve S_T ısı kaynağı terimini (W/m^3) temsil etmektedir.

$$(\partial\,(p.T) / \partial t).\,(\nabla.\,(p.v.T)) = \nabla.\,((k / C_p).\,\nabla.\,T) + S_T \qquad \text{(Denklem 1)}$$

Surface to surface (S2S) radyasyon modeli yüzeyler arasındaki radyasyon ısı transferini Stefan-Boltzmann yasası ve görüş faktörleri kullanarak çözer. Sıcaklıklar arasındaki farkın dördüncü kuvveti temel alınır ve model hacimsel radyasyonu göz ardı ederek yalnızca yüzeyler arasında enerji alışverişini hesaplar. Bu model, özellikle kapalı alanlardaki radyasyon analizleri için kullanışlıdır. Radyasyon modeli olarak kullanılacak olan S2S modelinde, iki yüzey arasındaki radyasyon ısı transferini hesaplamak için Denklem 2'de belirtilen parametreler kullanılır. Bu denklemde, $q_{i,j}$ terimi, yüzey i ve yüzey j arasındaki radyasyon ısı transferini (Watt cinsinden) temsil eder. $F_{i,j}$ ise görünürlük (view factor) veya görüş faktörünü ifade eder ve boyutsuz bir değere sahiptir. Ayrıca, σ Stefan-Boltzmann sabiti olup, değeri 5.67×10^{-8} W/m^{2}K^4 olarak kabul edilir. A_i , yüzey i'nin alanını (m²) ve T_i ile T_j , sırasıyla yüzey i ve yüzey j'nin sıcaklıklarını (Kelvin cinsinden) ifade eder.

$$q_{i,j} = F_{i,j}\,.\,\sigma.\,A_i\,(T_i^4 - T_j^4) \qquad \text{(Denklem 2)}$$

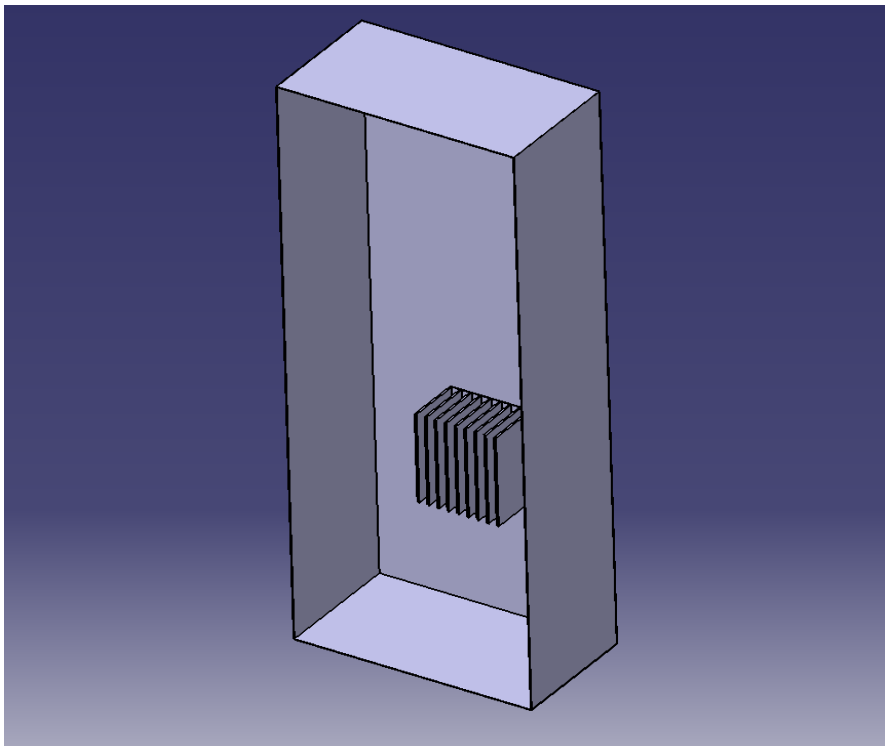
Stefan-Boltzmann sabiti (σ), termodinamikte ve radyasyon ısı transferinde kullanılan bir fiziksel sabittir. Bu sabit, bir yüzeyin, sıcaklığına bağlı olarak ne kadar enerji yaydığı ile ilgilidir. Stefan-Boltzmann yasasına göre, bir yüzeyden yayılan enerji miktarı (E) Denklem 3'teki gibidir. Denklemde yüzeyden yayılan toplam enerji, E, birim alandaki enerji akışını ifade ederken, T, yüzeyin mutlak sıcaklığını ifade edilir.

$$E=\sigma\cdot T^4 \qquad \text{(Denklem 3)}$$

Görüş faktörü, bir yüzeyden yayılan radyasyonun ne kadarının başka bir yüzeye ulaştığını tanımlayan bir geometrik parametredir. Bir yüzeyden diğerine radyasyon geçişini hesaplamak için görüş faktörü gereklidir. Matematiksel olarak, görüş faktörü Fij, yüzey i'den yayılan radyasyon enerjisinin yüzey j'ye ulaşan kısmının toplam yayılan enerjiye oranıdır.

Bu çalışmada çizim dosyasının oluşturulmasının ardıdndan gerekli giriş, çıkış, duvar, ısı kaynağı ve soğutucu eleman sınır şartları tanımlaması yapıldıktan sonra oluşan görüntü Şekil 2'de detaylıca gösterilmektedir. Burada hava doğal akış olarak ısı kaynağının alt yüzeyinden girmekte ve sonrasında üst yüzeyden dış sisteme atılmaktadır.

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



Şekil 2. Isı transfer analizini yapılacağı sistemin 3D görseli

Sistem geometrisine Fluent-Meshing ile meshing işlemi yapılmıştır. Bu mesh işleminde hexahedral elemanlar kullanılmıştır. Meshing işlemi sonrasında oluşan kalite değerleri ise orthogonal değeri 0,76 aspect ratio değeri 10,99 ve skewness değeri ise 0,82 olarak belirlenmiştir. Bu değer analiz sonucunda gerçeğe yakın sonuçlar alabilmek için yeterli aralıklardadır. Aynı zamanda bu analizde toplam 750.400 adet eleman kullanılmıştır.

İlk olarak ısı transfer problemlerinin çözülme işlemi yapılacağından enerji denklemleri aktif edilir. Sonrasında ise hava materyal tanımında yoğunluğun değişken olduğu tanımlanması yapılacağı için density kısmı incompressible ideal gas olarak seçilir. Bu sayede yoğunluk sıcaklığa bağlı olarak gerçek durumlardaki gibi değişkenlik gösterecektir. Aynı zamanda doğal akış etkilerinin daha detaylı olarak incelenmesi için yerçekimi etkilerinin sistemde modellenebilmesi adına yerçekimi aktif edilir.

Bu ilk model için akış durumunun türbülanssız olacak şekilde modellenecektir. Problem özelinde sadece ısı transfer durumu göz önüne alınacağı için türbülans modellemesine ihtiyaç yoktur. Diğer çözüm modeli için ise ısı transferinde radyasyon etkilerini incelemek için sisteme radyasyon modeli tanımı yapılacaktır. Amaç, radyasyon modellemesinin ısı transferi üzerinde etkilerinin incelenmesidir.

Tanımlanan akışkan daha sonra cell zone conditions sekmesinden akış hacmi için tanımlanır. Bu tanımlamada yapıldıktan sonra sıra sınır koşullarının tanımlanması işlemine gelmektedir. Sınır koşulları tanımlamasında ise ilk olarak inlet kısmı tanımlaması yapılır. Giriş koşulları doğal akış olduğu için pressure inlet olarak tanımlanır ve akış atmosfer koşulları olduğu hesaba katıldığı için hız tanımlamasına gerek kalmaz. Giriş sıcaklığı için ise 45 ^{o}C sıcaklık tanımlaması

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

yapılır. Çıkış için ise sıcaklık yine 45 ^{o}C olarak alınmıştır ve akış dış havaya açılacağı için basınç değeri Gauge Pressure olarak tanımlanmalıdır. Bu sayede akışın ters akım yaptığı bölgelerin belirlenmesi sağlanabilecektir.

Monitör işlemleri için gerekli yüzeylerdeki sıcaklık gradyanlarının incelenmesi ve yakınsama (convergence) işleminin analiz edilmesi için monitör eklenir. İlk olarak ısı kaynağında hacimsel olarak oluşan en yüksek sıcaklık değeri monitör edilir. Son olarak ise ısıtıcı ve soğutucu bölgesinin üstünde bulunan bir bölgedeki ortalama sıcaklık verileri monitör edilir ve işlem analiz için hazır hale gelmiş olur. İlk çözüm (initialize) işlemi ile ilk iterasyonların çözüm işlemi yapılır. Ardından 300 iterasyon ile çözüm işlemleri başlatılır ve sonucunda ise çözücü işlemi doğal taşınımla ısı transferi için tamamlanmış olur ve radyasyon modellemesi işlemine geçiş yapılır.

Radyasyon modeli için sistem geometrisinin solving işleminde doğal taşının ısı transferi için tanımlanmış olan çözücü işlemi dublicate edilerek aynı geometri ve ağ düzeni olduğu gibi kopyalanmış olur. Bu durum için sadece radyasyon (radiation) aktif edilir ve model olarak ise surface to surface (S2S) modeli seçilir ve diğer unsurlarda bir değişim olmadan iterasyon işlemi yapılarak çözüm işlemi tamamlanır.

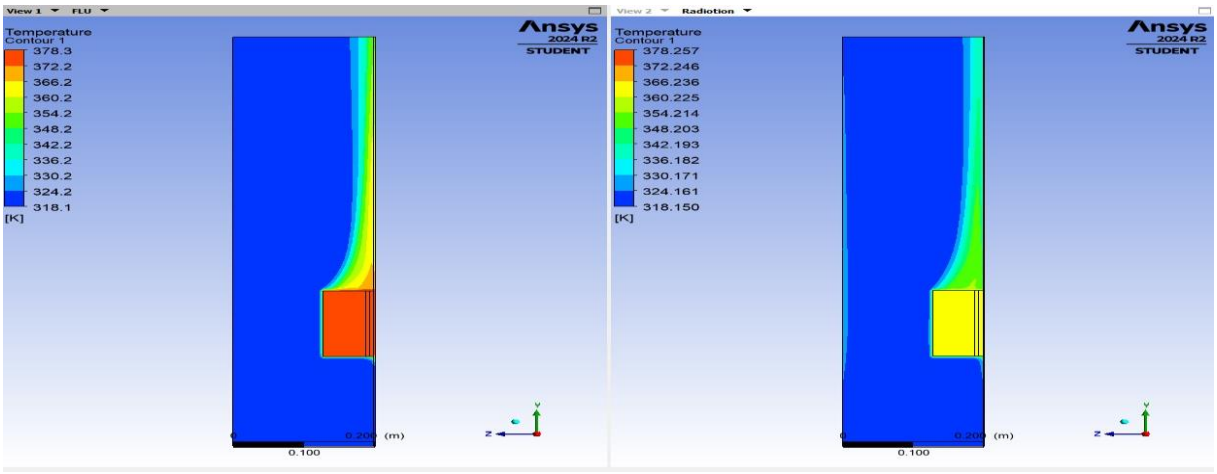
Radyasyon modeli olarak S2S modelinin seçilmesinin sebebi ise, özellikle yüzeyler arasında radyasyon ısı transferini modellemek için tercih edilir. S2S modeli, radyasyonun yönlü doğasını dikkate alarak daha gerçekçi ısı transferi hesaplamaları yapar. Yüzeyler arasında doğrudan radyasyon transferini hesaplarken, özellikle opak malzemelerle yapılan analizlerde doğru sonuçlar verir

3. SONUÇLAR VE DEĞERLENDİRME

Bu çalışmada, bir plakalı ısı değiştiricisi geometrisi üzerinde doğal ısı transferi ve radyasyon modellemesi ile ısı transferi olmak üzere iki farklı analiz gerçekleştirilmiştir. Bu analizlerin sonuçları, ısı transferinin doğal veya radyasyon (ışınım) olduğu durumlarda sistem üzerindeki sıcaklık davranışlarını anlamamıza ve her modelin sistem üzerindeki etkilerini değerlendirmemize olanak sağlar.

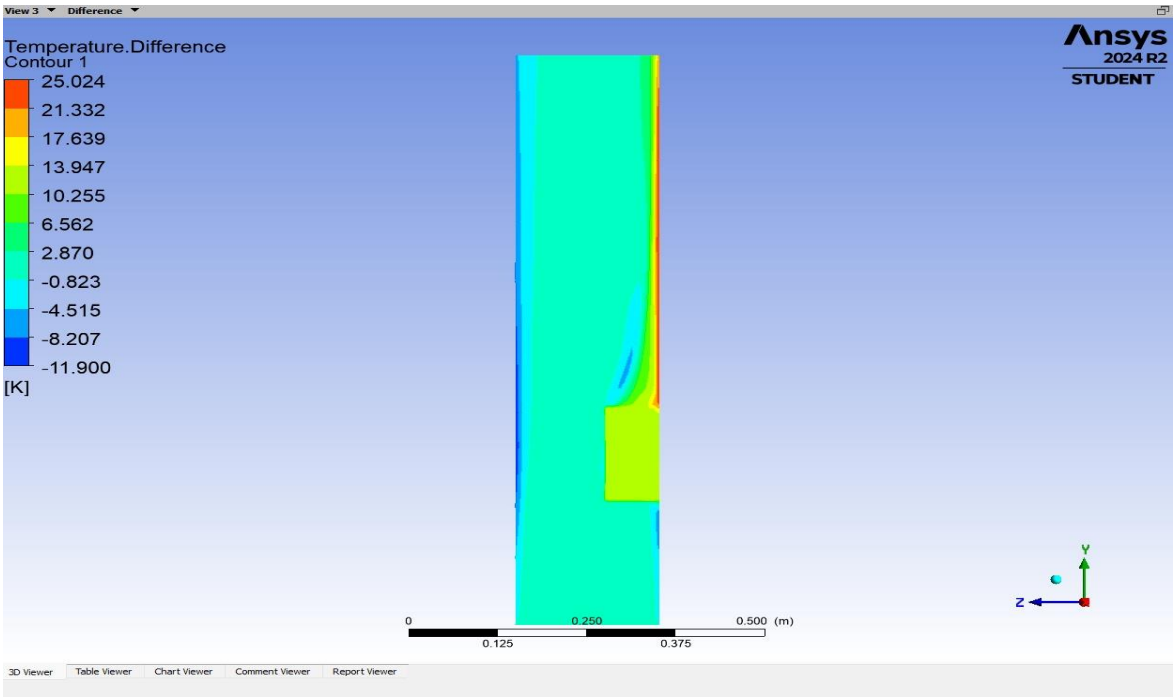
Doğal taşınım modelleme ile radyasyon modelinin karşılaştırmalı yan profil görüntüsü ve aralarında oluşan sıcaklık farkının geometri üzerindeki dağılımı Şekil 3’te görüntülenmektedir. Bu durumda oluşan farklar bize radyasyondan dolayı oluşan sıcaklık farklarının en açık gösterimidir.

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



Şekil 3. Doğal taşınım ile radyasyon modellemesinin kıyaslanması

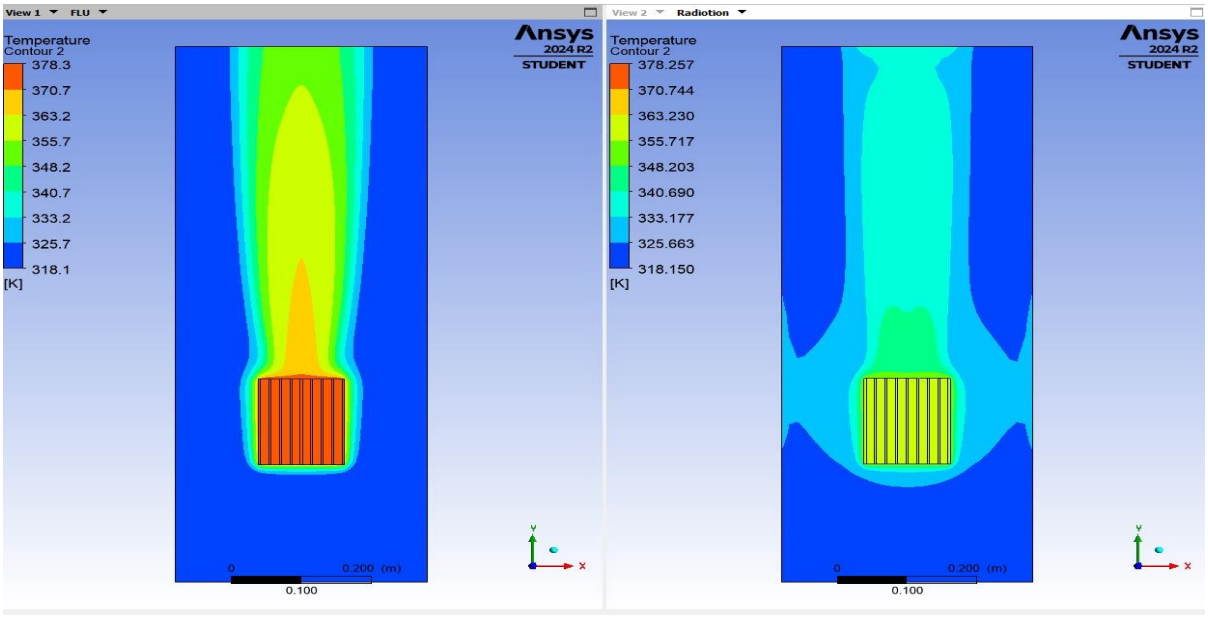
Doğal taşınım modelleme ile radyasyon modelinin aynı görüntü üzerindeki farkları Şekil 4'te daha detaylı olarak gözükmektedir. Bu durumda iki farklı modelde oluşan ve dikkate alınması gereken düzeyde olan farkların temel sebebi ise doğal taşınımda (konveksiyon) akışkan hareketleri nedeniyle sıcaklık alanı, zamanla değişir ve genellikle homojen olmayan bir dağılım gösterirken radyasyon modelinde ise ısı transferi akışkana bağlı değildir ve enerji, yüzeyler arasında doğrudan transfer edildiği için sıcaklık dağılımı daha düzgün veya lokal olarak daha yüksek olabilir. Bu görsel bu farkın en belirgin şekilde gösterilmesini sağlamıştır.



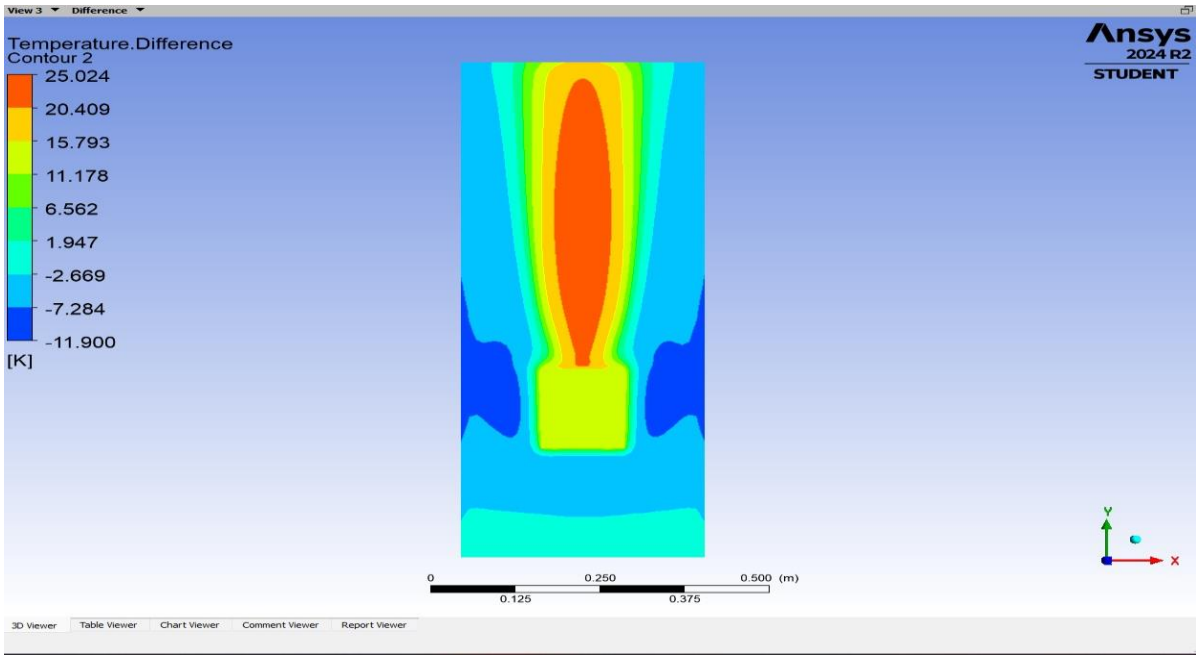
Şekil 4. Doğal taşınım ile radyasyon modellemesinin sıcaklık farkı görseli

Şekil 5'te ise sistem geometrisinin karşıdan görüntüsüyle yüzeylerde oluşan sıcaklık gradyanlarının kıyaslanması görüntülenmektedir. Bu durumda da tekrardan sıcaklık farklarının

oluştuğu gözlemlenmekte ve aralarındaki fark değerlerinin olduğu görsel Şekil 6'da sunulmaktadır. Bu farklar ise doğal taşınımda akışkanın hareketi ile sınırlı bir ısı transferi varken radyasyon modellemesinde ise elektromanyetik dalga ile bir ısı transferi söz konusudur. Bu durumdaki farkların temel sebebi bu farklı yaklaşımdan kaynaklanmaktadır. Doğal taşınım ve radyasyon modelleme sonuçları Şekil 3 ve Şekil 5'te karşılaştırılmıştır. Bu sonuçlar, sistem performansı üzerindeki sıcaklık farklarının belirleyici olduğunu göstermektedir.

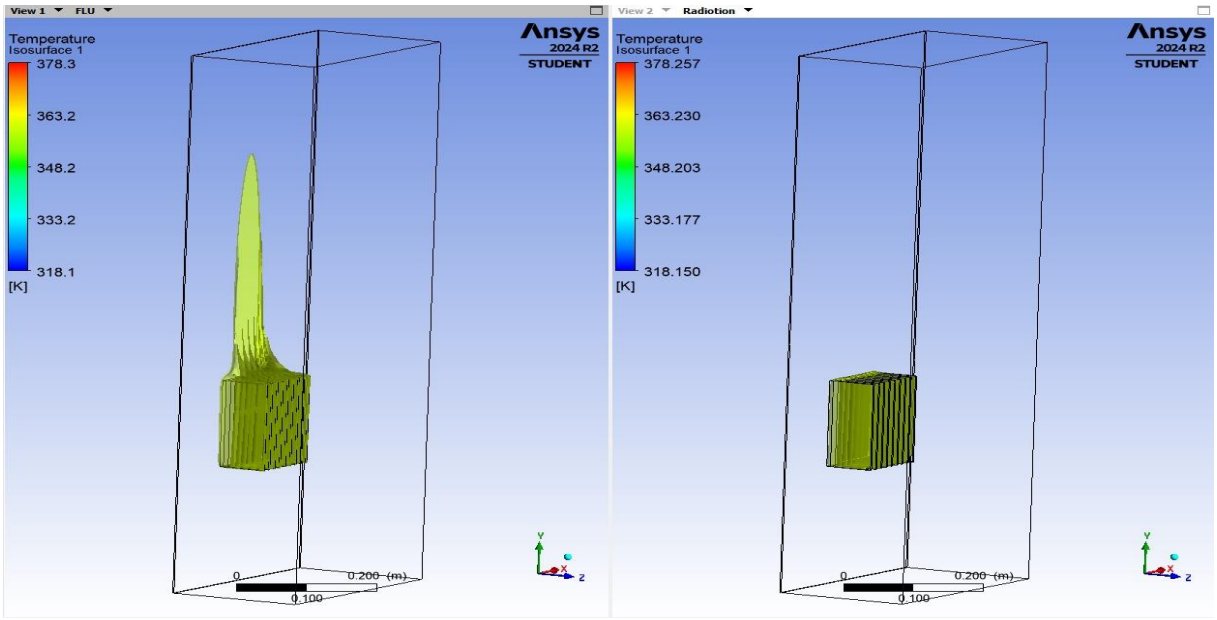


Şekil 5. Analiz modellerinde geometrinin ön görüntüsüyle verilen sıcaklık dağılımları



Şekil 6. Analiz modellerinde geometrinin ön görüntüsüyle verilen sıcaklık farkları

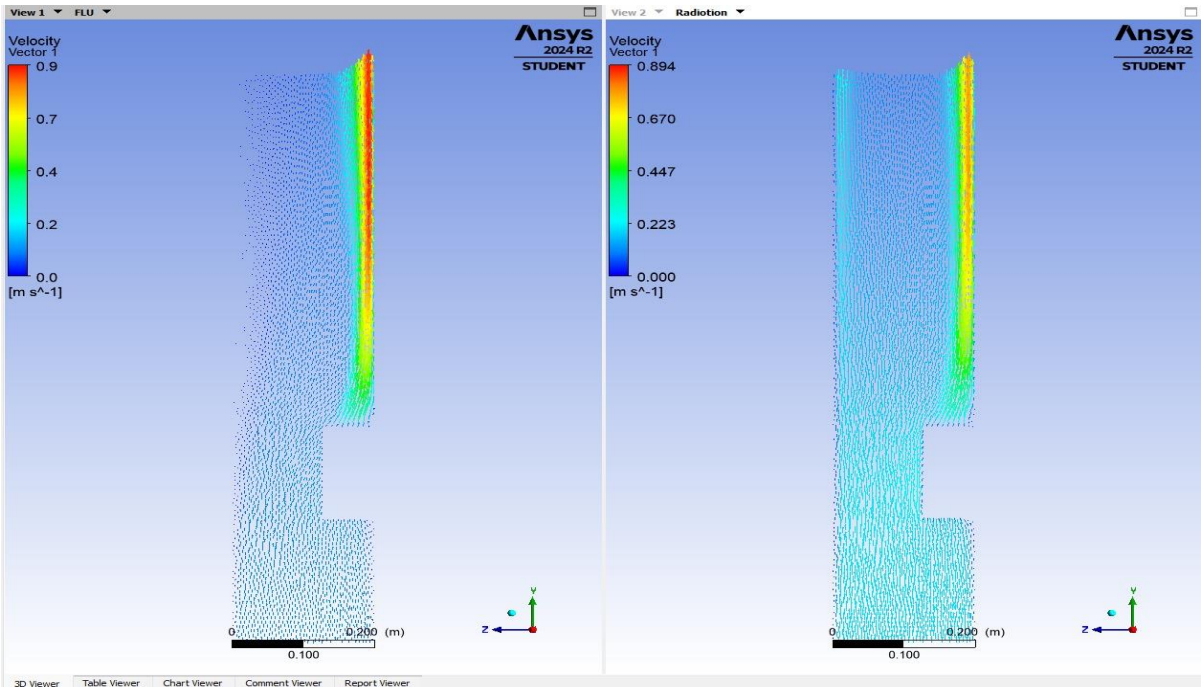
Şekil 7’de sistem geometrisinin tamamında sıcaklık değeri 360 K ve üzeri olan hacimler belirtilmiştir. Bu durumda doğal akışlı olan sistemde çip ve etrafı bu sıcaklıklarda iken radyasyon modellemesinde ise sadece çip ve soğutucu civarında bu sıcaklık değerleri mevcuttur. Bu durumdaki fark doğal taşınım ile radyasyon arasındaki geometri etkisinden kaynaklanmaktadır. Doğal taşınım problemlerinde geometri etkisinde akışkan hareketi sınırlandırılabilirken radyasyonda ise yüzey görüş faktörleri etki sağlamaktadır



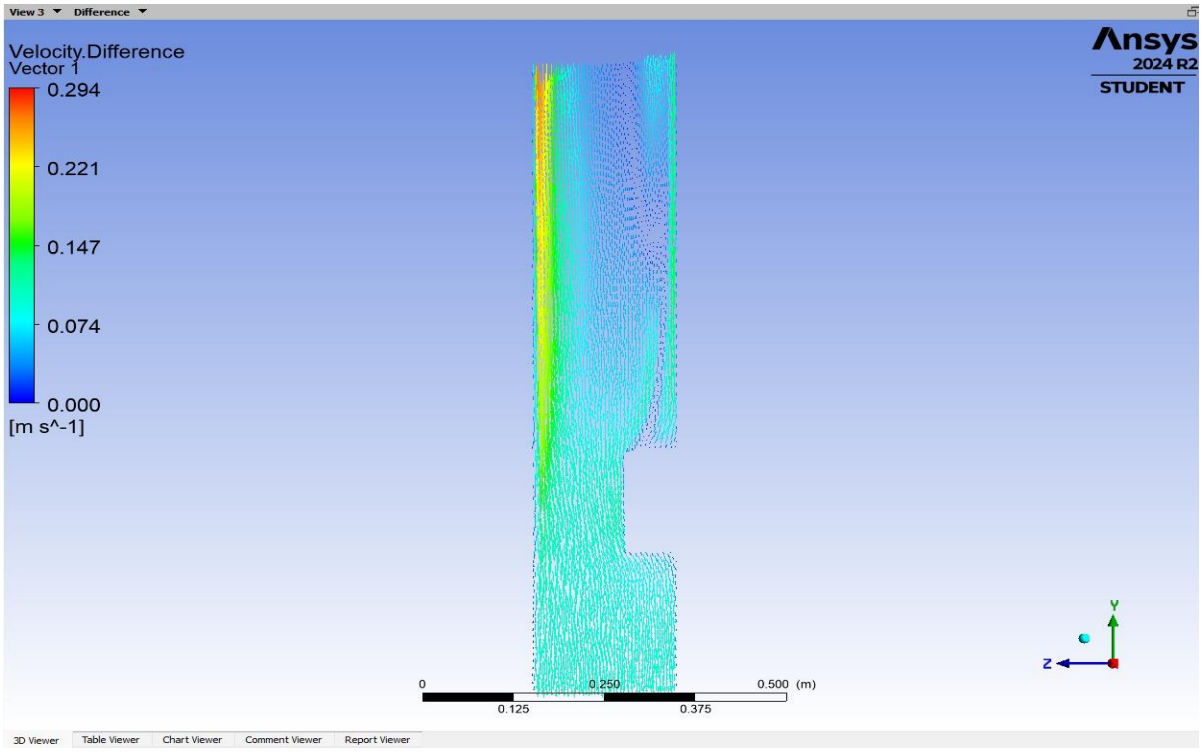
Şekil 7. Analiz modellerinde sıcaklık değeri 360 K ve üzeri olan hacimlerin gösterimi

Şekil 8’de ise doğal taşınımlı ısı transfer modeli ile radyasyon modelinin yan profil görüntüsünden hız vektörleri gösterilmektedir. Doğal taşınımda hız vektörleri yüzey yakınlarında büyük ve değişken iken radyasyon modellemesinde ise daha düşük ve yüzeye bağlı olarak daha sınırlı hareket etmektedir. Bu durumun sebebi modellerde akışkan hızının sıcaklık farkına bağlı olarak değişiklik göstermesidir. Aynı zamanda iki model arasındaki hız vektörlerinin farklı olan bölgeleri Şekil 9’ da gösterilmektedir.

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



Şekil 8. Analiz modellerinde hız vektörlerinin gösterimi



Şekil 9. Analiz modellerinde hız vektörlerinin farklı kısımlarının gösterimi

Bu çalışmada ısı transferi iki farklı durum ele alınarak analiz edilmiştir. Isı kaynağı olan parça dikkate alınarak o bölgede Nusselt sayıları ısı transfer modeline bağlı olarak hesaplanmış ve karşılaştırmalı olarak değerlendirilmiştir.

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

Nusselt sayısı (Nu) bir ısı transferi parametresidir ve konvektif ısı transferinin etkinliğini ifade eder. Bir akışkanın içinde ısı transferinin etkinliğini ölçen bir boyutsuz sayıdır. Nusselt sayısı, genellikle sıcaklık gradyanı ve ısı iletimi arasındaki ilişkiyi tanımlar. Yüksek Nusselt sayısı, ısı transferinin etkin olduğunu, yani ısı iletiminin yüksek hızla gerçekleştiğini gösterir. Bu durum, zorlanmış konveksiyonun güçlü olduğu, yüzeyin pürüzlü veya akışkanın hızının yüksek olduğu koşullarda görülür. Düşük Nusselt sayısı ise ısı transferinin düşük olduğu, genellikle doğal konveksiyonun ve düşük hızdaki akışların olduğu sistemlerde görülür. Bu sayede, projelerde Nusselt sayısının analizi, ısı transfer performansının değerlendirilmesine yardımcı olur.

Nusselt sayısının hesaplamasında, ısı kaynağı olan parça referans alınmıştır. Bu referans seçimi, ısı transferinin etkinliğini ve akışkanın ısıyı iletme kapasitesini değerlendirilebilecek en doğru bölge olması sebebiyle alınmıştır. Isı kaynağı olan bölgede hesaplanan Nusselt sayıları aşağıdaki gibidir:

- **Doğal Taşınım ile Isı Transferi:** Yüzeydeki sıcaklık farkı ve akışkanın viskozitesi gibi faktörler, ısı transferinin etkinliğini belirler. Burada ısı, akışkanın moleküler hareketine bağlı olarak taşınır. Düşük sıcaklılarda daha belirgin olan bu yöntemde en yüksek N_u sayısı 240, en düşük 20, ortalama değer ise 101 olarak hesaplanmıştır.

- **S2S Radyasyon Modeli ile Isı Transferi**: Yüzeylerin sıcaklığına ve emisyon özelliklerine bağlı olarak ısı enerjisi, elektromanyetik dalgalarla yayılır ve ısı transferinin etkinliği, özellikle yüksek sıcaklıklarda, radyasyonun etkisiyle artar ve taşınımdan bağımsız olarak ısı transferine katkı sağlar. Radyasyon etkilerinin incelendiği bu modelde en yüksek N_u sayısı 259, en düşük 59 ve ortalama değer olarak ise 142 hesaplanmıştır.

Yüksek sıcaklıklarda radyasyon etkisi belirginleşir ve ısı transferi daha etkin hale gelir, bu da Nusselt sayısının artmasına yol açar. Doğal taşınımda ise, akışın hızı ve sıcaklık farkları belirleyici faktörlerdir ve bu, genellikle daha düşük Nusselt sayılarıyla sonuçlanır.

4. GENEL DEĞERLENDİRME VE SONUÇLAR

Bu çalışmada, bir ısı değiştiricinin doğal akışlı ve radyasyon etkilerini içeren iki farklı analiz modeli üzerinde durulmuştur. Bu iki modelin karşılaştırılması ve sonuçların değerlendirilmesi, ısı transfer mekanizmalarının farklı koşullar altında nasıl etkilendiğini anlamak açısından önemlidir. Doğal akışlı analiz, ortamda akışkan hareketinin yalnızca yoğunluk farklarından kaynaklandığı bir senaryoyu temsil eder. Bu modelde, sıcaklık farkları akışkan yoğunluğunu değiştirir, bu da akışkanın konvektif hareketini oluşturur. Analizde, akışkanın sıcak bölgelerden soğuk bölgelere doğru hareket ettiği ve bu hareketin ısı değiştirici yüzeyleri arasındaki ısı transferini artırdığı gözlemlenmiştir. Radyasyon modeli, ısı transferine radyasyon etkisini dahil eden bir modeldir. Radyasyon, yüzeyler arasındaki ısı enerjisi transferini elektromanyetik dalgalar yoluyla sağladığı için, özellikle yüksek sıcaklıklarda belirgin bir etki oluşturur.

Bu analiz sonuçları, bir ısı değiştiricisinin performansını değerlendirirken hem konveksiyon hem de radyasyonun dikkate alınması gerektiğini göstermektedir. Radyasyon etkisinin, ısı

transferinin hızını ve verimliliğini artırması, özellikle yüksek sıcaklıklı sistemlerde radyasyon modellemesinin önemli olduğunu ortaya koyar.

KAYNAKÇA

[1] Z. Chen *et al.*, "Optimization Design and Performance Study of a Heat Exchanger for an Oil and Gas Recovery System in an Oil Depot," *Energies*, vol. 17, no. 11, p. 2631, May 2024, doi: 10.3390/en17112631.

[2] B. Zohuri, "Heat Exchangers," in *Physics of Cryogenics*, Elsevier, 2018, pp. 299–330. doi: 10.1016/B978-0-12-814519-7.00012-4.

[3] P. GaneshKumar, S. VinothKumar, V. S. Vigneswaran, S. C. Kim, and V. Ramkumar, "Advancing heat exchangers for energy storage: A comprehensive review of methods and techniques," *J. Energy Storage*, vol. 99, p. 113334, Oct. 2024, doi: 10.1016/j.est.2024.113334.

[4] P. GaneshKumar, S. VinothKumar, V. S. Vigneswaran, S. C. Kim, and V. Ramkumar, "Advancing heat exchangers for energy storage: A comprehensive review of methods and techniques," *J. Energy Storage*, vol. 99, p. 113334, Oct. 2024, doi: 10.1016/j.est.2024.113334.

[5] M. Abdullah and M. Zoynal Abedin, "Recent development of combined heat transfer performance for engine systems: A comprehensive review," *Results in Surfaces and Interfaces*, vol. 15, p. 100212, May 2024, doi: 10.1016/j.rsurfi.2024.100212.

[6] A. Patel, "Heat Exchangers in Industrial Applications: Efficiency and Optimization Strategies," *Int. J. Eng. Res.*, vol. 12, 2023, doi: 10.17577/IJERTV12IS090003.

[7] S. K. Gupta, S. Gupta, T. Gupta, A. Raghav, and A. Singh, "A review on recent advances and applications of nanofluids in plate heat exchanger," *Mater. Today Proc.*, vol. 44, pp. 229–241, 2021, doi: 10.1016/j.matpr.2020.09.460.

[8] M. Louahdi, J.-E. Salhi, H. Essaouini, T. Zarrouk, and M. L. Lahlaouti, "Three-dimensional analysis for optimizing thermo-hydrodynamic performance of heat exchangers with perforated semi-circular inserts," *Case Stud. Therm. Eng.*, vol. 60, p. 104611, Aug. 2024, doi: 10.1016/j.csite.2024.104611.

[9] B. Sundén and J. Fu, "Aerospace Heat Exchangers," in *Heat Transfer in Aerospace Applications*, Elsevier, 2017, pp. 89–115. doi: 10.1016/B978-0-12-809760-1.00006-5.

[10] G. Canbolat, "A Numerical Study on Cross Flow Heat Exchanger with Different Reynolds (Re) Numbers," *ALKÜ Fen Bilim. Derg.*, vol. 5, no. 3, pp. 118–130, 2023, doi: 10.46740/alku.1368103.

[11] I. Kotcioglu, S. Caliskan, and M. Zırzakıran, "Heat transfer in a cross-flow heat recovery ventilator with fin," *Erciyes Üniversitesi Fen Bilim. Enstitüsü Derg.*, vol. 25, no. 272–286, pp. 272–286, 2009.

[12] A. Aboul Khail and A. Erişen, "Heat transfer and performance enhancement investigation of novel plate heat exchanger," *Therm. Sci. Eng. Prog.*, vol. 34, p. 101368, Sep. 2022, doi: 10.1016/j.tsep.2022.101368.

[13] J. Zhang, X. Zhu, M. E. Mondejar, and F. Haglind, "A review of heat transfer enhancement techniques in plate heat exchangers," *Renew. Sustain. Energy Rev.*, vol. 101, pp. 305–328, Mar. 2019, doi: 10.1016/j.rser.2018.11.017.

[14] G. Fortin, J.-L. Laforte, and A. Ilinca, "Heat and mass transfer during ice accretion on aircraft wings with an improved roughness model," *Int. J. Therm. Sci.*, vol. 45, no. 6, pp. 595–606, Jun. 2006, doi: 10.1016/j.ijthermalsci.2005.07.006.

[15] C.-Y. Cheng, "The effect of temperature-dependent viscosity on the natural convection heat transfer from a horizontal isothermal cylinder of elliptic cross section," *Int. Commun. Heat*

Mass Transf., vol. 33, no. 8, pp. 1021–1028, Oct. 2006, doi: 10.1016/j.icheatmasstransfer.2006.02.019.

[16] P. A. D. Cruz, E.-J. E. Yamat, J. P. E. Nuqui, and A. N. Soriano, "Computational Fluid Dynamics (CFD) analysis of the heat transfer and fluid flow of copper (II) oxide-water nanofluid in a shell and tube heat exchanger," *Digit. Chem. Eng.*, vol. 3, p. 100014, Jun. 2022, doi: 10.1016/j.dche.2022.100014.

[17] R. El Ayachi, A. Raji, M. Hasnaoui, M. Naïmi, and A. Abdelbaki, "Combined Effects of Radiation and Natural Convection in a Square Cavity Submitted to Two Combined Modes of Cross Gradients of Temperature," *Numer. Heat Transf. Part A Appl.*, vol. 62, no. 11, pp. 905–931, Dec. 2012, doi: 10.1080/10407782.2012.712463.

[18] S. Saravanan and C. Sivaraj, "Combined natural convection and thermal radiation in a square cavity with a nonuniformly heated plate," *Comput. Fluids*, vol. 117, pp. 125–138, Aug. 2015, doi: 10.1016/j.compfluid.2015.05.005.

[19] O. B. Adeyinka and G. F. Naterer, "Apparent Entropy Production Difference With Heat And Fluid Flow Irreversibilities," *Numer. Heat Transf. Part B Fundam.*, vol. 42, no. 5, pp. 411–436, Nov. 2010, doi: 10.1080/10407790190054012.

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

NACA 63421 KANAT PROFİLİNDE TÜRBÜLANS MODELLERİNİN ISI TRANSFERİ ÜZERİNDEKİ ETKİLERİNİN İNCELENMESİ

Usame YILDIZ
Kocaeli Üniversitesi / Mühendislik Fakültesi / Makine Mühendisliği,
245109023@kocaeli.edu.tr - 0009-0002-4683-8776

Ar. Gör. Sayit ÖZBEY
Kocaeli Üniversitesi / Denizcilik Fakültesi / Gemi Makineleri İşletme Mühendisliği,
Kocaeli Üniversitesi / Mühendislik Fakültesi / Makine Mühendisliği,
sayit.ozbey@kocaeli.edu.tr - 0000-0002-9782-6997

Dr. Öğr. Üyesi İsmet TIKIZ
Kocaeli Üniversitesi / Denizcilik Fakültesi / Gemi Makineleri İşletme Mühendisliği,
Kocaeli Üniversitesi / Mühendislik Fakültesi / Makine Mühendisliği,
ismet.tikiz@kocaeli.edu.tr - 0000-0003-4477-799X

ÖZET

Kanat tasarımları, havacılık ve uzay mühendisliği açısından kritik bir öneme sahiptir ve uçakların performansı üzerinde doğrudan bir etkisi bulunmaktadır. Bir kanat profilinin geometrisi, akışkan davranışını etkileyerek kaldırma kuvveti, sürükleme direnci ve genel uçuş verimliliği üzerinde belirleyici bir rol oynar. Günümüzde, kanat tasarımında hesaplamalı akışkanlar dinamiği (CFD) analizleri, daha güvenilir sonuçlar elde edebilmek için önemli bir araç haline gelmiştir. Bu çalışmada, NACA 63421 kanat profili farklı türbülans modelleme koşulları altında analiz edilmiştir. Düşük sürüklenme ve yüksek kaldırma özellikleriyle bilinen bu profil, özellikle düşük hızda yüksek performans gereksinimi olan hava araçları için tercih edilmektedir. Çalışmada üç farklı analiz yaklaşımı ele alınmıştır: laminer akış, k-ε türbülans modeli ve Spalart-Allmaras türbülans modeli. Zorlanmış taşınım ısı transferini anlamak ve ampirik korelasyonlar geliştirmek amacıyla hem deneysel hem de sayısal yöntemler kullanılmıştır. Ansys Fluent yazılımıyla yapılan ileri düzey meshleme teknikleri ve simülasyonlar, sıcaklık gradyanları, akış ayrılma noktaları ve hız profilleri hakkında kapsamlı veriler sağlamıştır. Elde edilen sonuçlar, laminer ve türbülanslı akışların ısı transferi üzerindeki etkilerini karşılaştırarak, türbülans yoğunluğu ile ısı transfer verimliliği arasındaki ilişkiyi ortaya koymaktadır. Bu araştırma, termal yönetimin optimize edilmesi yoluyla aerodinamik performansı ve enerji verimliliğini artırmayı hedeflemektedir. Ayrıca, elde edilen bulguların, kanat tasarımında yeni ısı transferi stratejileri geliştirilmesine katkı sağlaması beklenmektedir.

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

Anahtar Kelimeler: NACA 63421, ısı transferi, türbülans modelleme, laminer akış

1. GİRİŞ

Havacılık ve uzay mühendisliği uygulamalarında, kanat tasarımları uçak performansını doğrudan etkileyen kritik faktördür [1]. Bir kanat profilinin geometrisi, akışkan davranışını, kaldırma kuvvetini, sürüklenme direncini ve dolayısıyla uçuş verimliliğini belirlemede önemli bir rol oynar. Kanat profili seçimi, akışkanlar dinamiği (CFD) analizleriyle desteklenerek daha güvenilir sonuçlar sağlar.[2].

Zorlanmış taşınım ısı transferi üzerine yapılan çalışmalarla, farklı geometriler için ampirik korelasyonlar geliştirmiştir [3]. Bu korelasyonlar, özellikle silindir, plaka ve kanat gibi geometrilerde önem kazanmaktadır. Düz plakalar gibi temel yapılar için Nusselt sayısı analitik olarak Reynolds (Re) ve Prandtl (Pr) sayılarıyla ilişkilendirilebilir. Nusselt sayısı (Nu), taşınım ısı transferinin bir göstergesi olup, taşınım yoluyla gerçekleşen ısı akısının iletim yoluyla gerçekleşene oranını ifade eder. Isı transferinin daha karmaşık olduğu cisimler için ise deneysel verilere dayalı ampirik korelasyonlar gereklidir. Bu korelasyonlar, genellikle akış özellikleri ve geometriye bağlı olarak değişen üslerle çarpılan Reynolds ve Prandtl sayılarının bir fonksiyonu şeklinde ifade edilir [4].

Literatürde, silindir, küre veya kanat gibi farklı geometrilere sahip cisimler etrafında zorlanmış taşınım korelasyonları geliştirilmiştir [4 -7]. Örneğin, Fortin vd. [8], bir hava akışı esnasında kanat yüzeyinde buzlanma sırasında ısı ve kütle transferi korelasyonları geliştirmiştir. Bu tür çalışmalar, özellikle hava araçlarında ve rüzgâr enerjisi türbinlerinde yüzey sıcaklıklarının ve ısı transferinin kontrol edilmesinde önemlidir. Diğer bir çalışma olan Cheng [9], farklı viskozitelerdeki akışkanlarda yatay bir eliptik silindirden serbest taşınım ısı transferini incelemiştir. Bu çalışmada, Nusselt sayısı ve deri sürtünmesi katsayısı, viskozite değişim parametresine, eliptik şeklin eksantriklik açısına ve Prandtl sayısına bağlı olarak raporlanmıştır.

Daha karmaşık akış yapılarına sahip cisimler için ampirik korelasyonların geliştirilmesi, deneysel çalışmalar ve sayısal yöntemlerle desteklenmektedir [10 - 11]. Örneğin, Ref. [12]' de, dikey bir plakadan karışık taşınım ısı transferini analiz etmiş ve Prandtl, Richardson (Ri) ve Eckert (Ec) sayıları ile Nusselt sayısı arasında korelasyonlar elde etmiştir. Bu çalışmada kullanılan sayısal modellemeler, akışın duvar yakınındaki yüksek sıcaklık gradyanlarını daha iyi çözmek amacıyla ince duvar katmanı (near-wall) ağ yapılarını içermektedir. Bu tip incelemeler, zorlanmış taşınım koşullarında akış ayrılmasının etkilerini incelemek ve yüzey konumuna bağlı olarak ısı transferi performansını değerlendirmek açısından önemlidir.

Deneysel olarak zorlanmış taşınım ısı transferi çalışmaları, termokupllar, akı ölçerler ve partikül görüntüleme yöntemleri gibi çeşitli ölçüm tekniklerini içerir. Adeyinka ve Naterer [13], bir hava kanadında termokupllar ve akı ölçer kullanarak ısı transferi oranlarını ölçmüş ve deneysel verileri Nusselt sayısına göre korelasyonlarla ifade etmiştir. Benzer şekilde, Jang ve Jeong [14], bir buzdolabı kompresöründeki taşınım ısı transfer oranlarını ölçmek için termokupl kullanmış ve soğutucu akışkanın basınç ve sıcaklık ölçümleri ile sayısal simülasyonlar gerçekleştirmiştir.

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

Laguerre vd. [15], düşük hızlı bir hava akışında duvar ve paketlenmiş bir yatak (3,8 cm çapında küreler) arasındaki taşınım ısı transfer katsayısını ölçmek için bir akı ölçer kullanmıştır. Akyol ve Bilen [16] ise yatay dikdörtgen bir kanalda sürtünme ve ısı transferini incelemek için bir deney düzeneği geliştirmiş, yüzey boyunca sıcaklıkları ölçmek için termokupllar yerleştirmiştir. Bu çalışmalardan elde edilen korelasyonlar, zorlanmış taşınım ısı transferinin farklı konfigürasyonlarda nasıl değiştiğini anlamamıza katkı sağlar.

Sayısal modellemeler de zorlanmış taşınım ısı transferi çalışmalarında yaygın olarak kullanılmaktadır. Amoura vd. [17] , iki eksenel dönen silindir arasındaki bir kesit alanında Newtonsal olmayan bir akış modellemiş ve bu çalışmada Reynolds (Re), Grashof (Gr) ve Weissenberg (We) sayılarının etkilerini incelemiştir. Ayrıca, Aydin ve Kaya'nın [12] çalışması gibi birçok sayısal çalışma, finite element ve finite difference yöntemleriyle ısı transferi katsayısını, Prandtl ve diğer boyutsuz sayılarla ilişkilendirerek korelasyonlar elde etmiştir. Bu tür çalışmalar, duvar yakınında yüksek çözünürlüklü ağ yapısı gerektirir ve taşınım ısı transferinin genel korelasyonları açısından bazı sınırlamalara sahiptir.

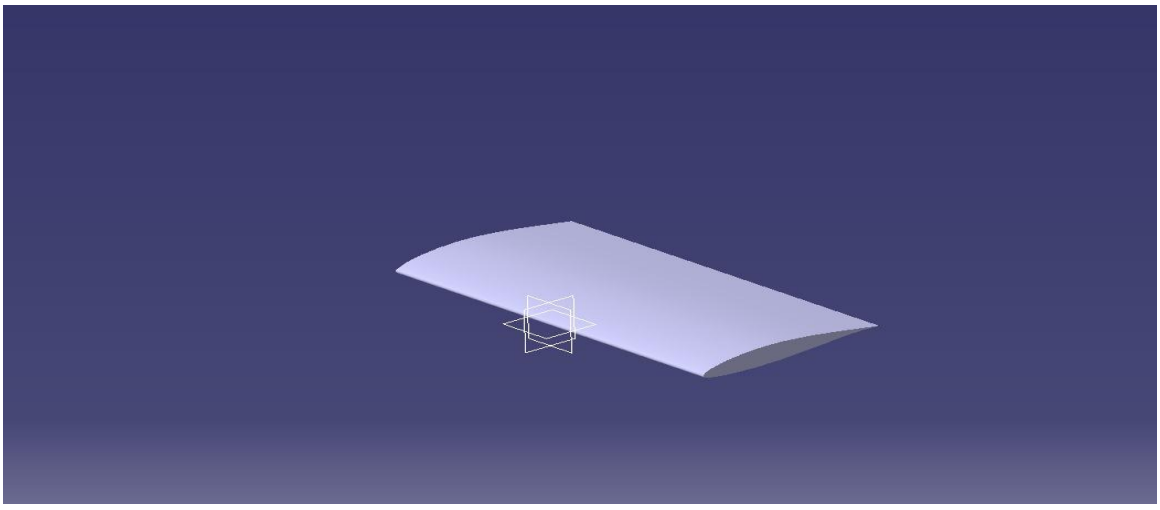
Sonuç olarak, zorlanmış taşınım ısı transferi üzerine yapılan bu deneysel ve sayısal çalışmalar, Nusselt sayısının hesaplanmasında kullanılan korelasyonların doğruluğunu artırmaktadır. Bu çalışmalarda kullanılan ampirik korelasyonlar ve deneysel yöntemler, zorlanmış taşınım ısı transferinin daha iyi anlaşılmasına ve mühendislik uygulamalarında verimli çözümler geliştirilmesine katkıda bulunur. Bu bağlamda, bu çalışmada kanat etrafında zorlanmış taşınım ısı transferine dair korelasyonların geliştirilmesi amaçlanmaktadır.

Bu çalışma, NACA 63421 kanat profiline sahip bir kanat geometrisinin sıcaklık değişimlerini ve akış özelliklerini incelemeyi amaçlamaktadır. NACA 63421 profili, düşük sürüklenme ve yüksek kaldırma özellikleri ile bilinir; bu da onu genellikle düşük hızlı, yüksek performans gereksinimleri olan hava taşıtlarında tercih edilen bir profil haline getirir. Çalışmada, kanat yüzeyindeki sıcaklık dağılımını belirlemek için üç farklı analiz yaklaşımı benimsenmiştir: türbülanssız (laminer) analiz, k-epsilon türbülans modeli ile analiz ve Spalart-Allmaras türbülans modeli ile analiz. Bu farklı analizlerin karşılaştırılması, NACA 63421 kanat profilinin türbülans koşullarında nasıl davrandığını anlamamıza ve kanat yüzeyindeki sıcaklık dağılımlarının türbülans etkisiyle nasıl değiştiğini gözlemlememize olanak sağlayacaktır. Bu çalışmanın temel amacı, NACA 63421 profiline sahip bir kanadın yüzeyindeki sıcaklık dağılımının farklı türbülans koşullarında nasıl değiştiğini gözlemlemektir. Laminer, k-epsilon ve Spalart-Allmaras modellerinin sonuçları karşılaştırılarak türbülansın sıcaklık dağılımı üzerindeki etkisi anlaşılacaktır. Bu çalışma, türbülanslı akışın kanat yüzeyindeki sıcaklık değişimlerine olan etkisini detaylandırarak, ısı transferinin optimize edilmesi ve kanat tasarımında daha verimli malzeme seçimlerinin yapılabilmesi için temel bir rehber oluşturmayı amaçlamaktadır. Sonuç olarak, bu çalışmadan elde edilecek veriler, havacılık mühendisliğinde kanat tasarımı, verimlilik artışı ve sıcaklık kontrol stratejilerinin geliştirilmesi gibi alanlarda önemli katkılar sunacaktır. Bu analizler, uçak performansını artırma, yakıt tasarrufu sağlama ve güvenliği iyileştirme açısından mühendislik hesaplamalarına ışık tutacaktır. Bu çalışma, NACA 63421 kanat profilinde türbülans modellerinin ısı transferine olan etkilerini karşılaştırarak aerodinamik performans ile termal yönetim arasındaki ilişkiyi detaylandırmaktadır

2. MATERYAL VE YÖNTEM

Bu bölüm, bir NACA kanadından zorlanmış taşınım ısı transferinin deneysel kurulumu ile ilgili bilgileri içermektedir. Deneysel alan, 916 x 916 mm boyutlarında dikdörtgen bir kanal olarak tasarlanmıştır. Test alanının duvarları şeffaftır, bu sayede gözlemler ve fotoğraflar kolaylıkla elde edilebilir. Test parçası olan kanat, test alanında yatay olarak monte edilmiştir. Rüzgâr tünelinde hız 42 m/s'ye kadar artırılabilir ve sıcaklık -35 °C'ye kadar düşürülebilmektedir. Hava hızı, fan motorunun çalışma frekansı değiştirerek bir elektrik kontrol paneli aracılığıyla ayarlanır. Rüzgâr tüneli kurulumu ve ilgili enstrümantasyon ile ilgili daha fazla detay, daha önce Naterer vd. [13] tarafından belgelenmiştir.

Deneysel çalışmalar için bir rüzgâr türbini modelinin prototip kanadı üretilmiştir. NACA-63421 profiline sahip rüzgâr türbini kanadının temsili için bir 3D tasarım yazılımı olan Catia V5 kullanılmıştır. Analiz ise Ansys-Fluent ile gerçekleştirilmiştir. Kanadın merkez kısmı, ağırlığını azaltmak amacıyla boşaltılmıştır. Kanadın görünümü ve kord uzunluğu Şekil 1'de gösterilmektedir. Kanat kordonu, kanat açıklığı ve kalınlığı sırasıyla 500 mm, 187,5 mm ve 100 mm'dir. Toplam açıklık 187,5 mm olacak şekilde her biri 62,5 mm açıklığında üç kanat parçası yan yana yerleştirilmiştir. Kanat duvarının kalınlığı 3 mm'dir. Kanat, fiberglas malzemeden üretilmiş ve rüzgâr tünelinin test alanı içinde alüminyum bir çerçeveye monte edilmiştir. Kanat yüzeyinin hem iç hem de dış kenarlarında T-tipi termokupllar yerleştirilmiştir. Termokupl bağlantı noktaları, kanat etrafında çeşitli pozisyonlarda her yüzeye sıfır seviyesinde yerleştirilmiştir. Tüm termokupl kabloları, kanadın iç kısmında toplanmıştır.



Şekil 4. NACA-63421 kanadının geometrisi ve kord görünümü

Kanat üzerindeki taşınım ısı transferi hızı, Denklem 1'deki gibi belirlenmektedir:

$$q_{con} = h(T_o - T_1) \qquad \text{(Denklem 1)}$$

Burada, q_{con} ısı transfer hızı (W/m^2), h ısı transfer katsayısı ($W/m^2.K$), T_o çıkış yüzey sıcaklığı (K), T_1 akışkan madde sıcaklığını (K) ifade eder. Denklem 1 yeniden düzenlenerek ısı transfer katsayısı ***h*** Denklem 2'deki gibi ifade edilir:

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

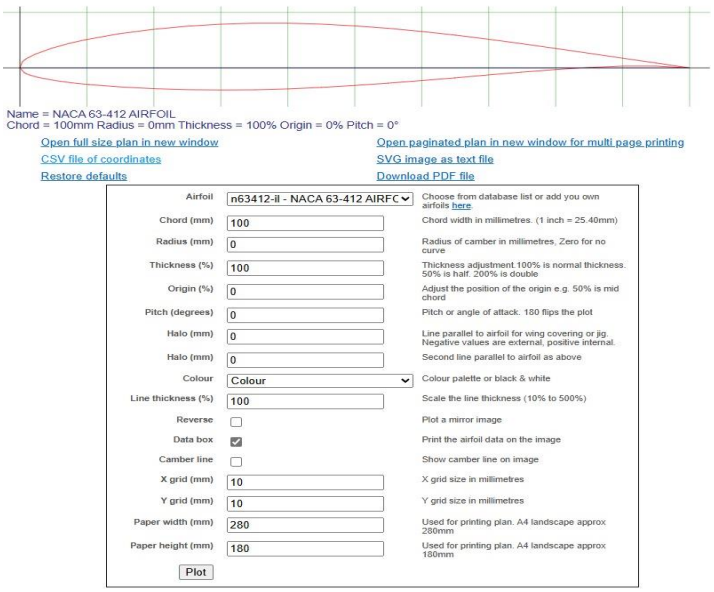
$$\boldsymbol{h} = q_{con} / (T_o - T_1) \qquad \text{(Denklem 2)}$$

Kanadın yüzeyinin altındaki ısıtma bantları, ısı girişi kaynağı sağlar ve bu ısı, ince kanat yüzeyi boyunca iletim yoluyla dış hava akışına taşınır. Yüzeye dik ısı iletimi, ince yüzey üzerindeki yüksek sıcaklık farkı nedeniyle yanlamasına ısı iletiminden çok daha büyüktür. Bu nedenle, dikey Fourier ısı akışı, çevredeki hava akışına taşınan ısı transfer oranını dengeler ve bu Denklem 3'te ifade edilmiştir:

$$q_{con} = q_{cd} = k \cdot (T_{in} - T_0) / d\,(T_0 - T_1) \qquad \text{(Denklem 3)}$$

Burada, q_{cd} iletim yoluyla ısı akısı (W/m^2), k malzemenin ısıl iletkenliği ($W/(m \cdot K)$), T_{in} giriş yüzey sıcaklığı (K) ve d yüzeyin kalınlığını (m) ifade etmektedir.

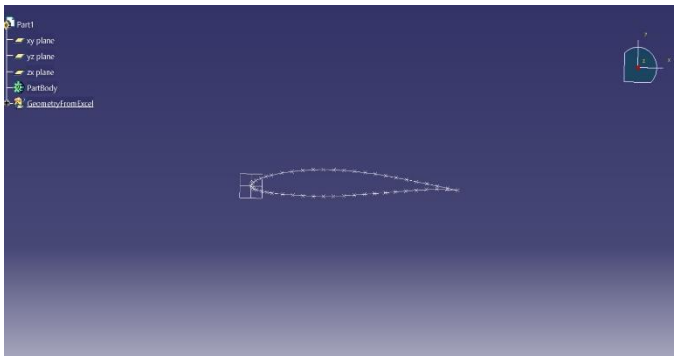
Çalışmanın çizim dosyasının oluşturulması için Ref. [18]'ten yararlanılmıştır. Kanat geometrisinin seçimi NACA 63421 olarak ayarlandıktan sonra gerekli ölçülendirme değerleri girilerek koordinat dosyası .csv formatında indirilerek makro işlemi öncesinde hazır hale getirilmiştir.



Şekil 2 – Airfoil plotter ile kanat profilinin koordinat bilgileri

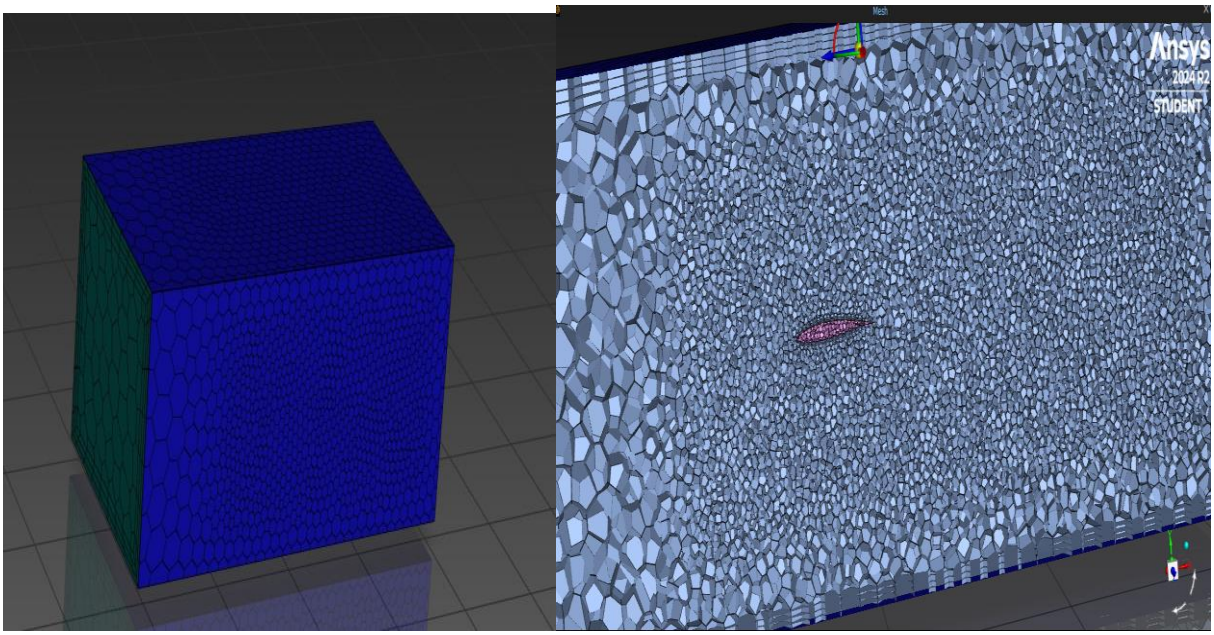
İndirilen koordinat bilgilerinin ardından Catia yazılımı içerisinde firma tarafından karmaşık koordinat sistemlerinin çizimini sağlayan excel makroları kullanılarak hem noktasal değerler hem de bu değerlerin bağlandığı spline çizimi otomatik olarak yapılmış ve Şekil 3'te görüldüğü gibi kanat profili oluşturulmuştur.

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



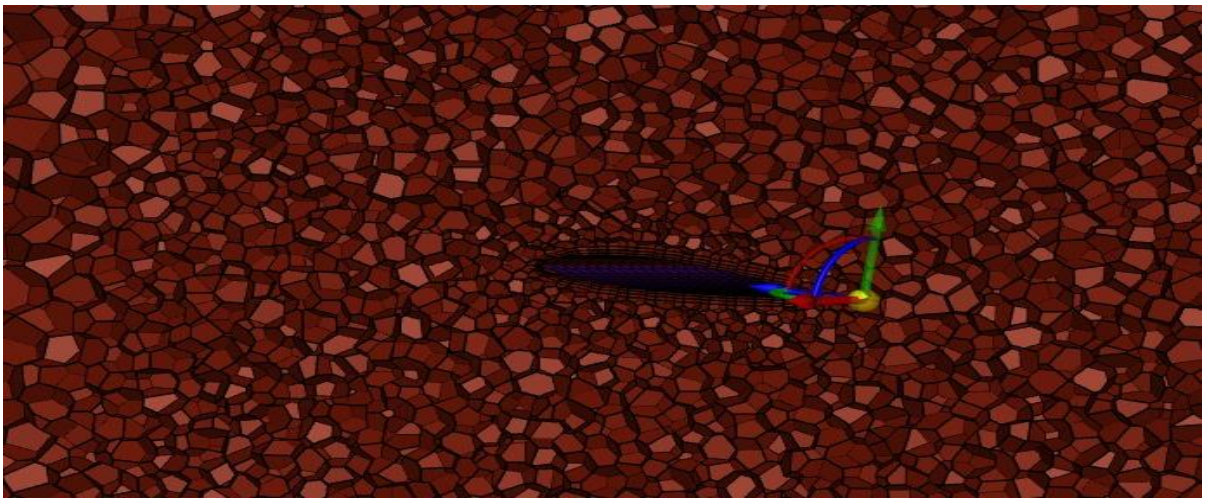
Şekil 3 – Makro işlemi sonrası çizdirilmiş kanat geometrisi.

Kanat geometrisine Fluent-Meshing ile meshing işlemi yapılmıştır. Son zamanlarda CFD çözümlemelerinde sıklıkla kullanılan polyhedra mesh kullanılmıştır. Kanat geometrisinin olduğu ve türbülans etkilerinin daha detaylı olarak incelenebilmesi için gerekli görülen bölgeye body of infulence eklenmesi işlemi yapılmıştır. Şekil 4 ve Şekil 5, meshing işleminin ardından elde edilen modelin detaylarını göstermektedir. BOI (body of influence) bölgesinde daha yoğun ve küçük boyutlu ağ elemanlarının kullanıldığı görülmektedir. Hacim mesh işlemi sonrasında toplam 165.600 adet mesh elemanı kullanıldığı görülmektedir. Eğrilik (skewness) kalite değeri maksimum 0,83 olarak bulunmuştur. Ortogonalite değeri ise ortalama 0,94 olarak sonuçlanmıştır. Bu değerler hacim mesh işlemi için yeterli sayılabilecek düzeydedir.



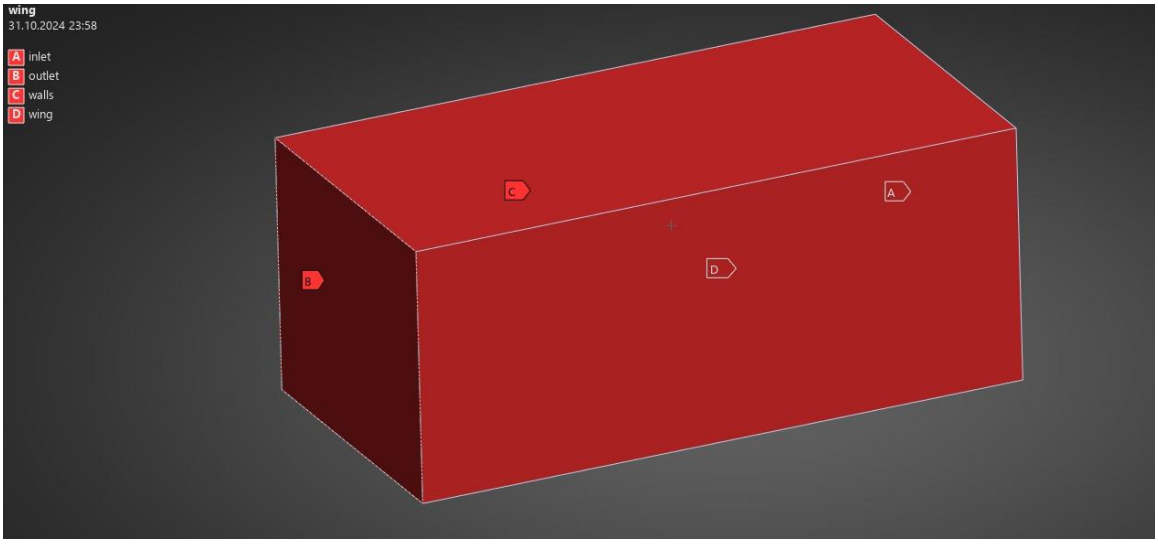
Şekil 4. Kanat geometrisinin hacim meshi

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



Şekil 5. Hacim mesh

Şekil 6'da oluşturulan akış hacminin sınır koşulları giriş, çıkış, duvar ve kanat profili sistem üzerinde yapılan atamalarla belirlenmiştir.



Şekil 6 – Akış hacminin sınır koşullarının belirlenmesi işlemi.

Isı transferi problemlerinin çözümü yapılacağından, öncelikle enerji denklemleri aktif edilir. Sonrasında ise hava materyal tanımında yoğunluğun değişken olduğu tanımlanması yapılacağı için yoğunluk kısmı sıkıştırılamaz ideal gaz olarak seçilir. Bu sayede yoğunluk sıcaklığa bağlı olarak gerçek durumlardaki gibi değişkenlik gösterecektir. Yerçekimi etkilerinin sistemde modellenebilmesi için yerçekimi aktif edilir. Bu ilk model için akışın türbülanssız olduğu bir çözüm yapılacaktır. Diğer modeller için türbülans çözümü eklenecektir. Amaç türbülansın ısı transferi üzerinde etkilerinin incelenmesidir. Tanımlanan akışkan daha sonra cell zone conditions sekmesinden akış hacmi için tanımlanır. Bu tanımlamada yapıldıktan sonra sıra sınır koşullarının tanımlanması işlemine gelmektedir. Sınır koşulları tanımlamasında ilk olarak giriş (inlet) kısmı tanımlanır. Giriş koşulları için hız olarak 42 m/s hız tanımlanır. Sıcaklık olarak ise araştırmada da kullanılan sıcaklığa yakın olması bakımından 250 K olarak tanımlanmıştır. Çıkış için sıcaklık, ortalama hava sıcaklığı olan 273 K olarak alınmıştır ve akış dış havaya açılacağı

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

için basınç değeri Gauge Pressure olarak tanımlanmıştır. Kanat bölgesi için gerekli tanımlama yapıldıktan sonra kalan kısımlar duvar olarak tanımlanır ve sınır koşulları işlemi tamamlanmış olur. Monitör işlemleri için gerekli yüzeylerdeki sıcaklık gradyanlarının incelenmesi ve yakınsama (convergence) işleminin analiz edilmesi için monitör eklenir. İlk olarak kanat yüzeyindeki ortalama sıcaklık değerleri için monitör eklenir. Son olarak ise çıkış yüzeyindeki sıcaklık dağılımı monitör edilerek işlem tamamlanır ve intialize işlemi ile ilk iterasyonların çözüm işlemi yapılır. Ardından 400 iterasyon ile çözüm işlemleri başlatılır ve sonucunda ise çözücü işlemi tamamlanır.

K-epsilon türbülans modeli için kanat geometrisinin çözümleme (solving) işleminde, laminer akış için tanımlanmış olan çözücü işlemi kopyalanarak aynı geometri ve ağ (mesh) düzeni korunur. Bu durum için sadece türbülans kısmında standart k-epsilon modeli seçilir ve diğer unsurlarda bir değişim olmadan iterasyon işlemi yapılarak çözüm işlemi tamamlanır. Spalart-Allmaras türbülans modeli için kanat geometrisinin çözümleme (solving) işleminde, diğer çözüm işlemi aynı şekilde kopyalanarak türbülans modeli olarak SA türbülans modeli seçilir. Bu model özellikle dış akış problemlerinde oldukça başarılı ve ekonomik olduğu için tercih edilmektedir.

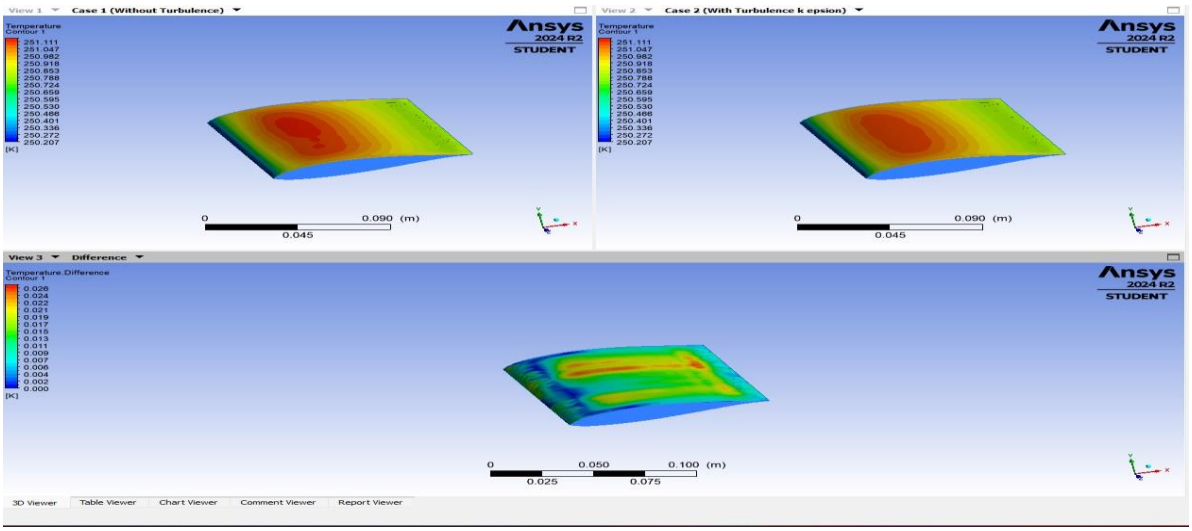
3. SONUÇLAR VE DEĞERLENDİRME

Bu çalışmada, bir kanat geometrisi üzerinde üç farklı analiz gerçekleştirilmiştir: laminer, k-epsilon ve Spalart-Allmaras modelleri. Bu analizlerin sonuçları, akışın laminer veya türbülanslı olduğu durumlarda kanat üzerindeki akış davranışlarını anlamamıza ve her modelin kanat üzerindeki etkilerini değerlendirmemize olanak sağlar.

Analiz sonuçlarının ağ yapısından (mesh) bağımsız olduğunu doğrulamak için farklı bir ağ yapısıyla aynı koşullar altında bir analiz gerçekleştirilmiştir. Bu analiz için hazırlanan ağ yapısında toplam 213.819 adet eleman kullanılmıştır. Kalite değerleri; eğrilik (skewness) kalite değeri maksimum 0,79 olarak, ortogonalite değeri ise ortalama 0,99 olarak sonuçlanmıştır. Bu ağ yapısı analizde kullanılan diğer ağ yapısından daha yüksek kalite standartlarına ve eleman yoğunluğuna sahiptir. Kanat yüzeyindeki sıcaklık farkı %0,007, hız vektörlerindeki fark ise %0,006 olarak tespit edilmiştir. Bu durumda sonuç kısmında farkın kabul edilebilir düzeyde olduğu görüldüğü için bu analiz ağ yapısı bakımından bağımsız olarak kabul edilebilir.

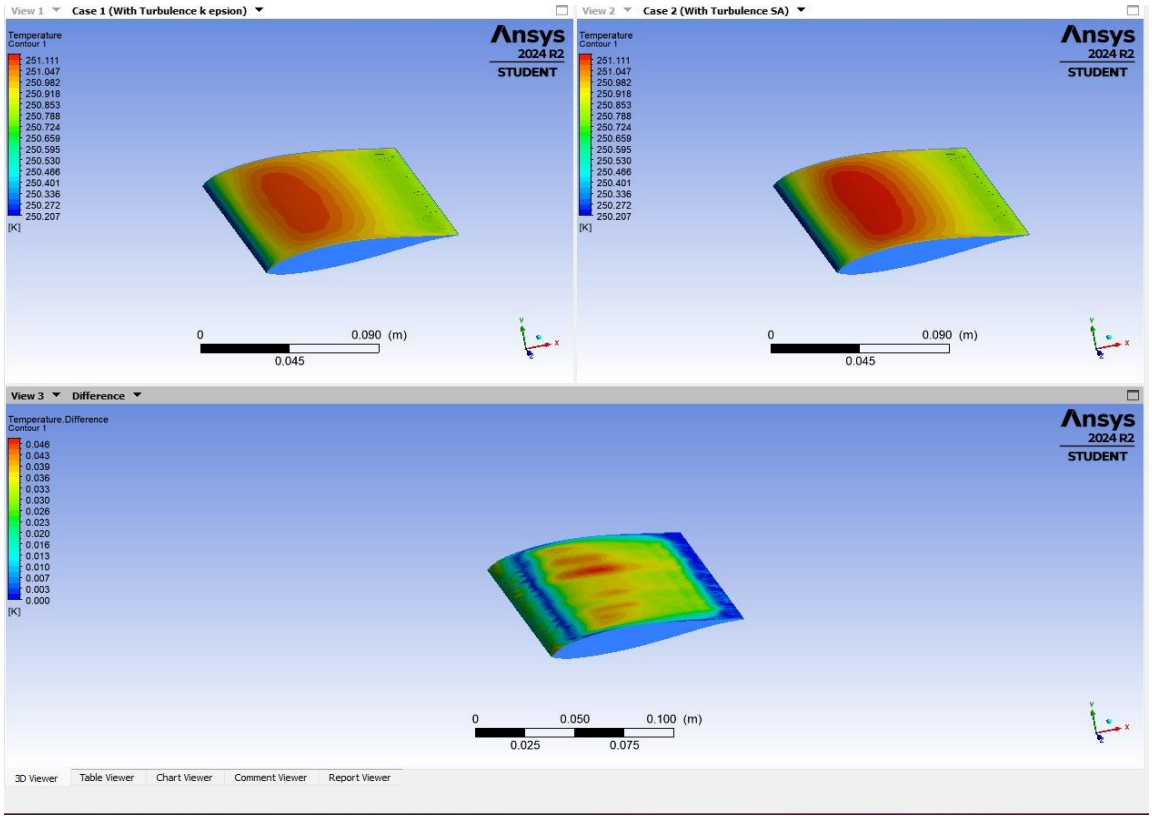
Laminer akışlı modelleme ile k-epsilon türbülans modelinin karşılaştırmalı görüntüsü ve aralarında oluşan sıcaklık farkının geometri üzerindeki dağılımı Şekil 8'de sunulmuştur. Bu farklar, türbülansın neden olduğu sıcaklık değişimlerini açıkça göstermektedir.

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



Şekil 8 – Laminer akış ile k-epsilon modelinin kıyaslanması

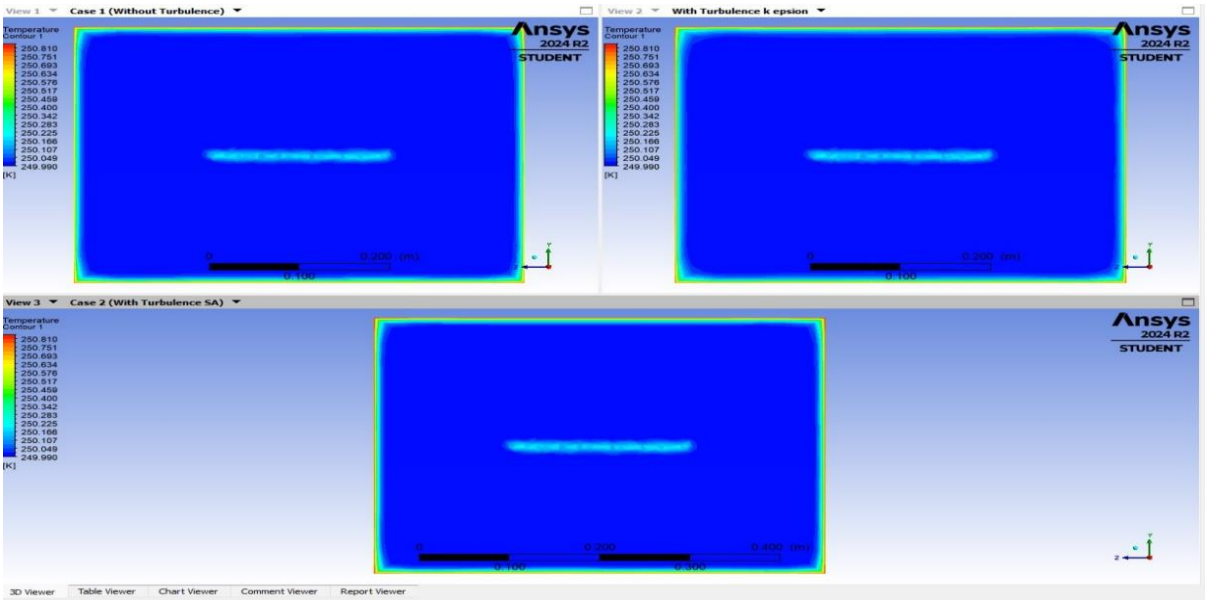
K-epsilon ile Spalart-Allmaras türbülans modellerinin ayrı ayrı sıcaklık gradyen dağılımları ve aralarında oluşan sıcaklık farklarının kanat geometrisi üzerindeki gösterimi Şekil 9'da gösterilmektedir. Bu durumda iki farklı türbülans modelinde oluşan farkların temel sebebi, SA türbülans modelinin dış akış çözümlemesinde daha detaylı modelleme yapmasından kaynaklanmaktadır.



Şekil 9 – k-epsilon ile Spalart-Allmaras türbülans modellerinin kıyaslanması

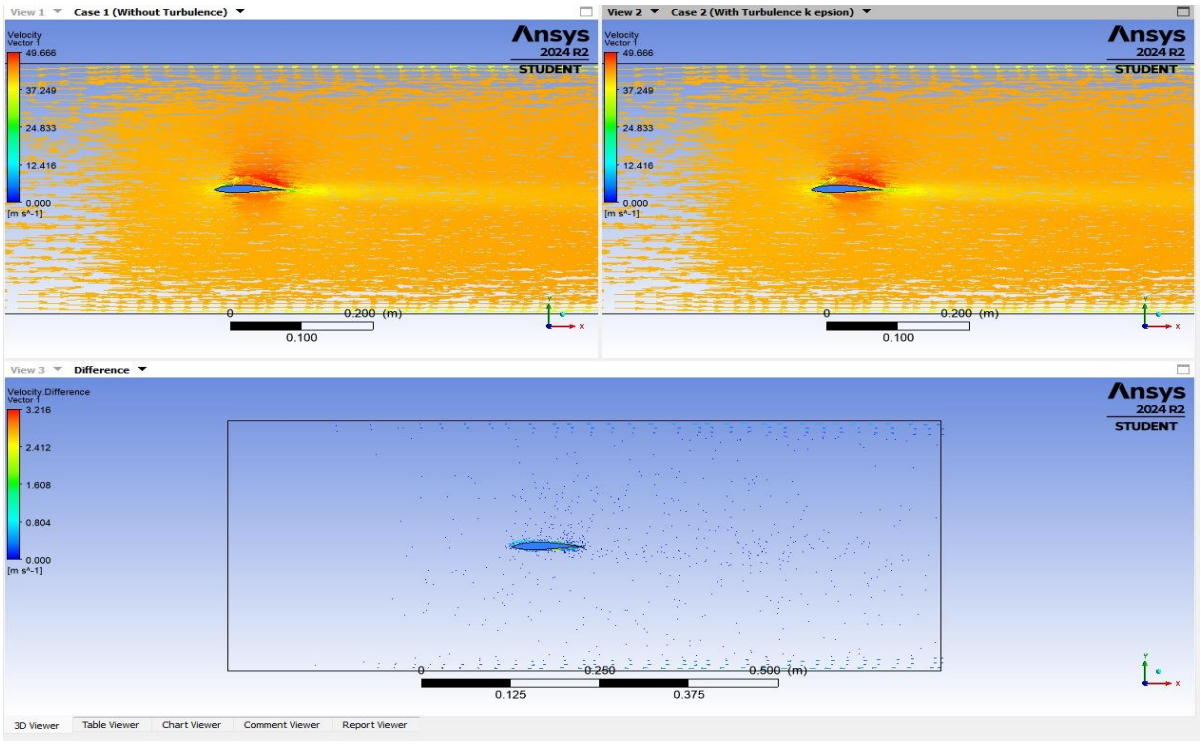
ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

Şekil 10'da ise kanat geometrisinin 10 mm arkasındaki sıcaklık dağılımı, üç farklı analiz sonucu için ayrı ayrı gösterilmektedir. Bu durumda ise sıcaklık değerlerini fazla farklı olmadığı ve genel olarak aynı değerde seyrettiği sonucuna ulaşılır.



Şekil 10 –Analiz modellerinin geometrinin 10mm arkasındaki sıcaklık dağılımları

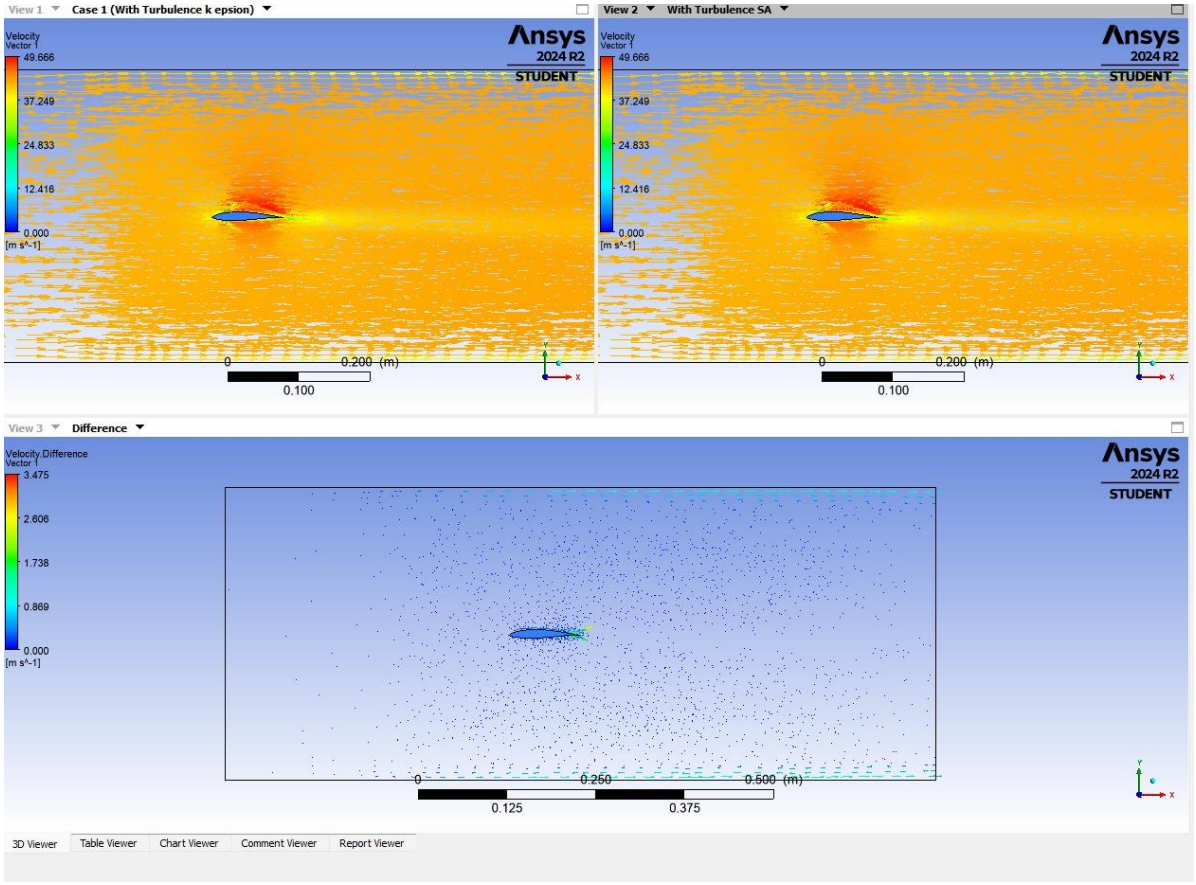
Şekil 11'de kanat geometrisi etrafında oluşan hız vektörlerinin laminer akış ve k-epsilon modellemesi ile kıyaslanması mevcuttur. Bu durumda hız vektörlerinde ayrım bölgesi haricinde kalan alanlarda önemli bir fark gözlemlenmemektedir. Bu durum, türbülans etkilerinin bir yansıması olarak değerlendirilebilir. Eğer hız değeri arttırılırsa bu durumda oluşacak farklılıklar çok daha detaylı olarak farklılaşacaktır.



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

Şekil 11 – Laminer akış ile k-epsilon analiz modellerinin hız vektörleri olarak kıyaslanması

Şekil 12'de ise k-epsilon ile Spalart-Allmaras türbülans modellerinin hız vektörleri özelinde karşılaştırmaları görüntülenmektedir. Bu durumda ise sadece ayrım bölgesi değil diğer bölgelerde de düşükte olsa bir farkın gözüktüğü söylenebilir. Bu durumun nedeni, daha önce belirtildiği gibi SA modelinin türbülansı daha detaylı modellemesidir.



Şekil 12 –K-epsilon ile SA türbülans analiz modellerinin hız vektörleri olarak kıyaslanması

Bu çalışmada, kanat üzerindeki ısı transferi üç farklı akış türü dikkate alınarak incelenmiştir. Kanadın arka bölgelerinde Nusselt sayıları, akış türüne bağlı olarak hesaplanmış ve karşılaştırmalı olarak değerlendirilmiştir.

Nusselt sayısı (N_u) bir ısı transferi parametresidir ve konvektif ısı transferinin etkinliğini ifade eder. Bir akışkanın içinde ısı transferinin etkinliğini ölçen bir boyutsuz sayıdır. Nusselt sayısı, genellikle sıcaklık gradyanı ve ısı iletimi arasındaki ilişkiyi tanımlar. Yüksek Nusselt sayısı, ısı transferinin etkin olduğunu, yani ısı iletiminin yüksek hızla gerçekleştiğini gösterir. Bu durum, zorlanmış konveksiyonun güçlü olduğu, yüzeyin pürüzlü veya akışkanın hızının yüksek olduğu koşullarda görülür. Düşük Nusselt sayısı ise ısı transferinin düşük olduğu, genellikle doğal konveksiyonun ve düşük hızdaki akışların olduğu sistemlerde görülür. Bu sayede, projelerde Nusselt sayısının analizi, ısı transfer performansının değerlendirilmesine yardımcı olur.

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

Nusselt sayısının hesaplamasında, kanadın arka kısmındaki (trailing edge) belirli bölgeler referans alınmıştır. Bu bölgeler, türbülans modelinin etkilerinin daha belirgin olduğu ve ısı transferinin kritik bir rol oynadığı alanlar olarak değerlendirilmiştir.

Kanadın arka bölgelerinde hesaplanan Nusselt sayıları aşağıdaki gibidir:

- **Laminer Akış:** Laminer akışta, ısı transferi sadece moleküler difüzyonla gerçekleşi**r.** Düşük türbülans nedeniyle ısı transferi sınırlı kalmış ve ortalama N_u değeri **20- 50** olarak belirlenmiştir.

- **k-ε**: Türbülanslı akışın karışımı artırması nedeniyle ısı transferi belirgin şekilde yüksektir. Türbülansın etkisiyle ısı transferi artmış ve ortalama N_u değeri **300- 500** olarak hesaplanmıştır.

- **Spalart-Allmaras Türbülans Modeli**: SA modeli, türbülanslı sınır tabakası akışını daha detaylı şekilde modellediği için N_u değerleri yükselir. Özellikle sınır tabakasındaki akış yapısını iyi temsil eden bu modelde, ortalama N_u değeri **300- 500** olarak bulunmuştur.

Türbülanslı akışta, akışın düzensiz ve karışık yapısı sayesinde, daha fazla karışım ve ısı transferi sağlanır, bu da Nusselt sayısının artmasına sebep olur ve akışın karmaşık şekilde hareketlerini simüle eden türbülans modelleri, daha fazla enerji ve ısı taşınması sağlar. Dolayısıyla türbülanslı akış için hesaplanan Nusselt sayısı, laminer akışa göre çok daha yüksektir.

4. GENEL DEĞERLENDİRME VE SONUÇLAR

Bu çalışmada, NACA 63421 kanat profili üzerinde laminer akış, k-epsilon ve Spalart-Allmaras türbülans modelleri kullanılarak üç farklı analiz gerçekleştirilmiştir. Bu analizlerin sonuçları, akışın laminer veya türbülanslı olduğu durumlarda kanat üzerindeki akış davranışlarını daha iyi anlamamıza ve her modelin kanat üzerindeki etkilerini değerlendirmemize olanak sağlamıştır. Laminer akışta, düşük hız ve düşük dirençli akışlar için uygun olan modelin, akışın düzenli ve stabil olması nedeniyle sınırlı ısı transferi sağladığı gözlemlenmiştir. Türbülanslı modeller ise yüksek hızlarda daha kararlı ve güvenilir sonuçlar vermiştir. Özellikle türbülans etkisinin daha belirgin olduğu bölgelerde, ısı transferi önemli ölçüde artmış ve bu durum tasarım açısından avantaj sağlamıştır.

Türbülanslı akışlarda, akışkanın karışması ve eddy hareketleri sayesinde ısı transferinin etkinliği artmaktadır, bu da Nusselt sayılarının daha yüksek çıkmasına neden olmuştur. Türbülans etkisi, özellikle kanat arkasındaki bölgelerde ısı transferini artırarak daha verimli tasarımlar için önemli bir parametre sunmaktadır. Sonuç olarak, bu çalışma, havacılık mühendisliğinde kanat tasarımı ve ısı transferi optimizasyonuna önemli katkılar sağlamaktadır. Özellikle düşük hızda yüksek performans gerektiren uçaklarda, türbülans etkilerinin doğru bir şekilde modellenmesi, aerodinamik verimliliği artırabilir ve enerji yönetimini optimize edebilir. Gelecekteki çalışmalar, farklı kanat geometrileri ve akış koşulları altında türbülans modellerinin daha geniş bir yelpazede incelenmesi gerektiğini göstermektedir.

KAYNAKÇA

[1] Z. Zhao, W. Huang, L. Yan, ve Y. Yang, "An overview of research on wide-speed range waverider configuration", *Prog. Aerosp. Sci.*, c. 113, s. 100606, Şub. 2020, doi: 10.1016/j.paerosci.2020.100606.

[2] A. M. Rayhan, M. S. Hossain, R. H. Mim, ve M. Ali, "Computational and experimental study on the aerodynamic performance of NACA 4412 airfoil with slot and groove", *Heliyon*, c. 10, sayı 11, s. e31595, Haz. 2024, doi: 10.1016/j.heliyon.2024.e31595.

[3] O. Bayer, "Tam Gelişmiş Türbülanslı İç Akışta Kanatçıklı Yapılar Üzerinde Zorlanmış Taşınım Korelasyonu Eldesi: Parametrik Deneysel Analiz", *Uludağ Univ. J. Fac. Eng.*, c. 23, sayı 1, ss. 417–430, Nis. 2018, doi: 10.17482/uumfd.376556.

[4] X. Wang, E. Bibeau, ve G. F. Naterer, "Experimental correlation of forced convection heat transfer from a NACA airfoil", *Exp. Therm. Fluid Sci.*, c. 31, sayı 8, ss. 1073–1082, Ağu. 2007, doi: 10.1016/j.expthermflusci.2006.11.008.

[5] J. B. Will, N. P. Kruyt, ve C. H. Venner, "An experimental study of forced convective heat transfer from smooth, solid spheres", *Int. J. Heat Mass Transf.*, c. 109, ss. 1059–1067, Haz. 2017, doi: 10.1016/j.ijheatmasstransfer.2017.02.018.

[6] Z. Altaç ve N. Mahir, "A comparative assessment of turbulent forced convection heat transfer from a single cylinder using RANS and les models", *Isi Bilim. Ve Tek. Dergisi/ J. Therm. Sci. Technol.*, c. 38, sayı 1, ss. 11–24, 2018.

[7] Y. Hadad ve K. Jafarpur, "MODELING OF LAMINAR FORCED CONVECTION HEAT TRANSFER IN PACKED BEDS WITH PEBBLES OF ARBITRARY GEOMETRY", *J. Porous Media*, c. 16, sayı 11, ss. 1049–1061, 2013, doi: 10.1615/JPorMedia.v16.i11.80.

[8] G. Fortin, J.-L. Laforte, ve A. Ilinca, "Heat and mass transfer during ice accretion on aircraft wings with an improved roughness model", *Int. J. Therm. Sci.*, c. 45, sayı 6, ss. 595–606, Haz. 2006, doi: 10.1016/j.ijthermalsci.2005.07.006.

[9] C.-Y. Cheng, "The effect of temperature-dependent viscosity on the natural convection heat transfer from a horizontal isothermal cylinder of elliptic cross section", *Int. Commun. Heat Mass Transf.*, c. 33, sayı 8, ss. 1021–1028, Eki. 2006, doi: 10.1016/j.icheatmasstransfer.2006.02.019.

[10] S. Yagmur, S. Dogan, M. H. Aksoy, E. Canli, ve M. Ozgoren, "Experimental and Numerical Investigation of Flow Structures around Cylindrical Bluff Bodies", *EPJ Web Conf.*, c. 92, s. 02113, May. 2015, doi: 10.1051/epjconf/20159202113.

[11] M. R. Lekkala *vd.*, "Recent advances in understanding the flow over bluff bodies with different geometries at moderate Reynolds numbers", *Ocean Eng.*, c. 261, s. 111611, Eki. 2022, doi: 10.1016/j.oceaneng.2022.111611.

[12] O. Aydin ve A. Kaya, "Mixed convection of a viscous dissipating fluid about a vertical flat plate", *Appl. Math. Model.*, c. 31, sayı 5, ss. 843–853, 2007.

[13] O. B. Adeyinka ve G. F. Naterer, "Particle image velocimetry based measurement of entropy production with free convection heat transfer", *J. Heat Transf.*, c. 127, sayı 6, ss. 614–623, 2005.

[14] K. Jang ve S. Jeong, "Experimental investigation on convective heat transfer mechanism in a scroll compressor", *Int. J. Refrig.*, c. 29, sayı 5, ss. 744–753, 2006.

[15] O. Laguerre, S. Ben Amara, ve D. Flick, "Heat transfer between wall and packed bed crossed by low velocity airflow", *Appl. Therm. Eng.*, c. 26, sayı 16, ss. 1951–1960, Kas. 2006, doi: 10.1016/j.applthermaleng.2006.01.011.

[16] U. Akyol ve K. Bilen, "Heat transfer and thermal performance analysis of a surface with hollow rectangular fins", *Appl. Therm. Eng.*, c. 26, sayı 2–3, ss. 209–216, Şub. 2006, doi: 10.1016/j.applthermaleng.2005.05.014.

[17] M. Amoura, N. Zeraibi, A. Smati, ve M. Gareche, "Finite element study of mixed convection for non-Newtonian fluid between two coaxial rotating cylinders", *Int.*

Commun. Heat Mass Transf., c. 33, sayı 6, ss. 780–789, Tem. 2006, doi: 10.1016/j.icheatmasstransfer.2006.02.020.

[18] "Airfoil Tools". [Çevrimiçi]. Available at: https://www.airfoiltools.com/

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

VİRAJ DENGE ÇUBUKLARINDA DEKARBÜRİZASYON MİKTARININ YORULMA ÖMRÜNE ETKİSİ

ÖMER FARUK TALAY

PHI Metal Otomotiv Sanayi ve Ticaret A.Ş,

omer.talay@phimetal.com.tr - 0009-0001-2784-4313

ÖZET

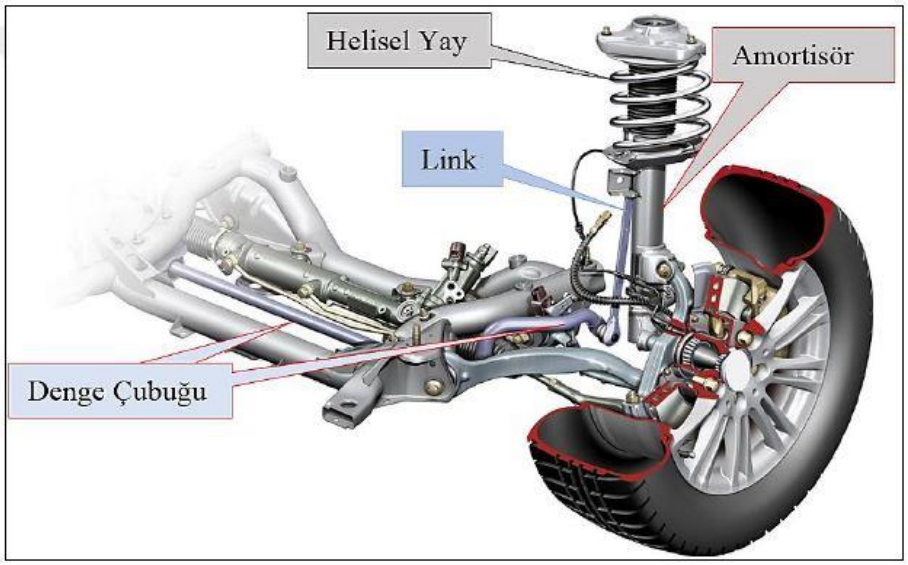
Viraj denge çubukları otomobilin virajda stabilizasyonunu sağlayan şaseye montajlanan süspansiyon parçasıdır. Viraj esnasında iki tekerlek arasında bağlantı kurarak otomobilin savrulmasını engeller. Süspansiyon parçası olduğundan çevrimli yüklere maruz kalmaktadır. Bu sebeple mukavemetinin, korozyon direncinin ve yorulma direncinin yüksek olması beklenir. Yorulma ömrünü etkileyen faktörler yüzey sertliği, yüzey kusuru ve parçanın mukavemetidir. Yorulma ömründe yüzey sertliği önemli bir faktördür. Akma gerilmesi altında parçaya etki eden kuvvetler parçanın yüzey bölgesinde mikro kaymalar oluşturur. Oluşan bu mikro plastik deformasyon parçanın yüzeyinde çukurcuklar oluşturarak çatlak çekirdeklenmesine sebebiyet vermektedir. Yüzeyde çekirdeklenen çatlak, çentik etkisi oluşturarak bölgesel gerilmelerin akma gerilmesinin üstüne bir değere ulaşması ile çatlağın parçanın merkezine doğru ilerlemesine neden olur. Ve parça kırılır. Viraj denge çubuklarında mukavemet artışı için ısıl işlem prosesi uygulanmaktadır. Çubuklara şekil verildikten sonra östenite alınıp yağda su verilmektedir. Isıl işlem prosesinin doğası gereği yüksek sıcaklıklara çıkıldığı için çubukların yüzey kısımlarında dekarbürizasyon bölgeleri oluşmaktadır. Dekarbürizasyon parçanın yüzey sertliğini düşürmekte ve yüzeyde oluşan mikro plastik deformasyonu kolaylaştırmaktadır. Bu çalışmada yüzeyde oluşan dekarbürizasyon miktarı ölçülmüştür. Dekarbürizasyonun parça yüzeyindeki sertliğine etkisi ve bu etkinin yorulma ömrüyle olan ilişki incelenmiştir. Dekarbürizasyon miktarı birbirinden farklı 4 adet numune soğuk bükülmüştür. Ardından 860 °C ‘ye kondüksiyon ısıtma ile çıkarılıp tavlanmış sonrasında ise martenzit dönüşüm için yağda su verilmiştir. Parçaların tokluğunu arttırmak için 250 °C’ de 1 saat temperlenmiştir. Çubuklar nihai ürün haline getirilmiştir. Aynı parametreler altında çubuklara yorma testi yapılmıştır. Sonrasında çubukların kırılan bölgelerinden numune alınıp dekarbürizasyon miktarı ve sertlik taraması yapılmıştır. Dekarbürizasyon miktarının sertliğe olan etkisi ve dekarbürizasyon ve sertlik değerlerinin parçanın yorulma ömrüne olan ilişkisi incelenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Yorulma direnci, Isıl işlem, Dekarbürizasyon, Viraj denge çubuğu.

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

1. GİRİŞ

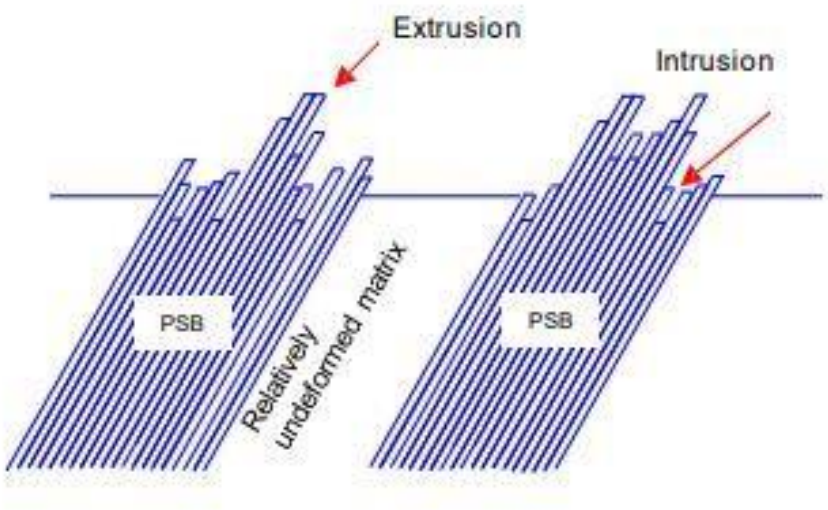
Viraj denge çubukları otomobilin lastiklerine bağlanarak 2 lastik arasındaki stabilizasyonu sağlamak için şase gövdesine montajlanan süspansiyon parçasıdır. İki tekerleği birbirine bağlayarak viraj sırasında aracın maruz kaldığı merkez kaç kuvvetini dengelemek için kullanılır. Otomobil viraj sırasında virajın aksi yöne doğru savrulur. Viraj denge çubuğu lastiklerin maruz kaldığı kuvvete zıt bir kuvvet oluşturarak aracın viraj sırasındaki stabilizasyonunu ve yol tutuşunu arttırmaya yarar. Aynı zamanda süspansiyon yayı gibi yoldaki engebe ve çukurların lastiğe uygulamış olduğu kuvvetleri de sönümlemeye yardımcı olur. Denge çubuğunun araçtaki konumu Görsel 1'de gösterilmektedir [1].



Görsel 5. Denge çubuğunun araçtaki konumu [1].

İşlevi gereği yüksek mukavemet ve yorulma direncine sahip olmalıdır. Yorulma direnci parçaya akma mukavemetinin altında çevrimli yüklere karşı gösterdiği direnç olarak tabir edilir. Yorulma kinetiğinde parçaya etkiyen kuvvetler parçayı kırmaya yetemez fakat bölgesel olarak parçada plastik şekil değişimi oluşturur. Parçanın yüzey bölgesinde oluşan mikro boyuttaki plastik deformasyon yüzey pürüzlülüğüne yol açar. Görsel 2' de çevrimli yükler altında oluşan kaymalar gösterilmektedir [2].

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



Görsel 2. Yüzeyde oluşan kayma bantları [2].

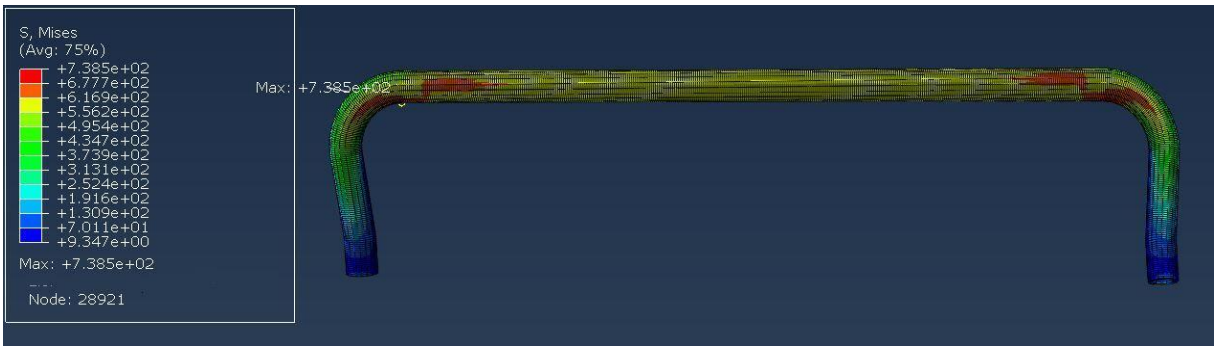
Yüzeyde kaymalar meydana geldiği için uygulanan kuvvet parçada homojen olarak dağılmaz. Bölgesel gerilmeler plastik deformasyonun olduğu bölgelerde akma gerilmesinin üstüne çıkar ve çatlak çekirdeklenmesine sebep olur. Çekirdeklenen çatlak çevrimli yükler altında parçanın merkezine doğru ilerler ve parça kırılır. Yorulma ömrünün arttırılması için parçanın yüzeyinde oluşan kaymaları engellemek gerekir. Bu sebeple parçanın taşıyabileceği maksimum yükü arttırmak aynı zamanda yüzeyi sertleştirerek oluşacak kaymaları engellemek için ısıl işlem uygulanır. Hammaddeden ya da uygulanan ısıl işlemin sonucunda parçanın yüzeyinde dekarbürizasyon meydana gelebilir. Oluşan dekarbürizasyon bölgesi yorulma ömrünü olumsuz yönde etkiler. Parçanın ortalama sertliği yüksek olsa bile dekarbürizasyon bölgesinde karbon atomu katı ergiyik sertleşmesi sağlayamadığı için yüzey kısmının sertliği düşmektedir ve uygulanan gerilme altında yüzeyde oluşan mikro plastik şekil değişimi çentik etkisi oluşturarak parçanın kırılmasına neden olacaktır. Bu nedenle ısıl işlemden çıkan çubuklar hem yüzey temizliği için hem de yüzeyde basama gerilmeleri oluşturarak yorma ömrünü arttırmak için kumlama prosesinden geçirilir. Yüzeyde oluşan basma gerilmeleri çevrimli yüklerin oluşturduğu çekme gerilmelerini nötrlemektedir. Bu hususta parçada oluşan dekarbürizasyon miktarının belli bir boyutu aşmaması gerekir.

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

2. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

2.1. Stres Analizi

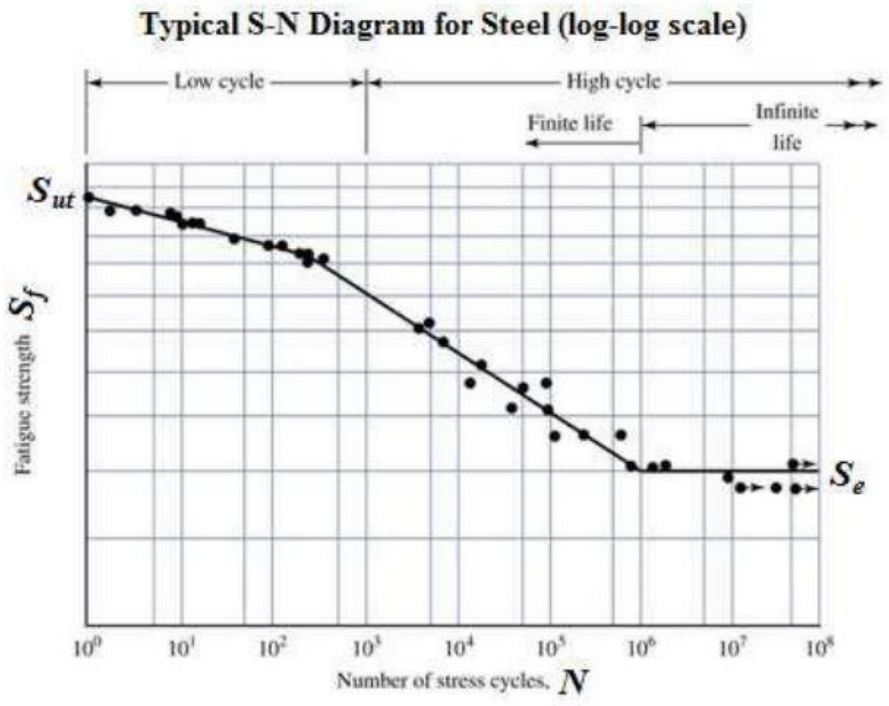
Phi Metal Otomotiv Sanayi Ticaret A.Ş. Fabrikasında üretilen denge çubukların tasarımı yapıldıktan sonra stres analizine tabi tutulmaktadır. Yapılan simülasyon çalışmasında çubuğun ömrü tayin edilmektedir. Görsel 3' te stres analizi görülmektedir. Aynı zamanda çubuğun üzerine etkiyen maksimum stresi ve bu stresinde çubuğun hangi bölgesinde oluştuğu sonucuna varılır. S-N yorma ömrü grafiğinden çubuğun ömrü hesaplanır. Görsel 4' te S-N eğrisi görülmektedir [3]. Yapılan simülasyon çalışması sonunda isterler karşılanırsa çubuğun üretimine geçilir. Eğer isterler karşılanmıyor ise yeni çubuk tasarımı yapılır.



Görsel 3. Stres analizi.

Analiz sonucunda çubuğun maksimum stres bölgesi omuz bölgesinde çıkmıştır. Çevrimli yükler altında denge çubuğu omuz bölgelerindeki stres parçanın ömrünü belirlemektedir. Akma mukavemetinin altında uygulanan yükler esnasında denge çubuğunun en fazla stres altında kalan bölgesi omuz bölgesi olduğu için mikro plastik deformasyonun en fazla olması beklenen yeri omuz bölgeleridir. Yüzey pürüzlülük değerini bozacak kusurlar, sertlikteki düşüş ve dekarbürizasyon miktarının en fazla etkileyeceği bölge de burasıdır. Yorulma ömrünü kötü etkileyecek durumlar (yüzey kusuru, dekarbürizasyon vb.) stresin minimum olduğu yerlerde tolere edilebilirken stresin maksimum olduğu yerde tolere edilemez.

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



Görsel 4. S-N yorulma ömrü grafiği [3].

2.2. Denge çubuğunun üretimi ve yorma testi

Denge çubuğu üretimine şekil verme prosesi ile başlanır. Kullanılan malzeme 34MnB5' tir. Çizelge 1' de kimyasal kompozisyonu verilmiştir. Perlit + ferrit mikroyapısına sahip düz çubuklara boru büküm makinesi ile şekil verilir. Ardından ısıl işlem prosesine tabi tutulur.

Kimyasal Kompozisyon (%)						
	C	Mn	Si	P	S	B
34MnB5	0.34	1.30	Max. 0.40	Max. 0.02	Max. 0.005	0.005

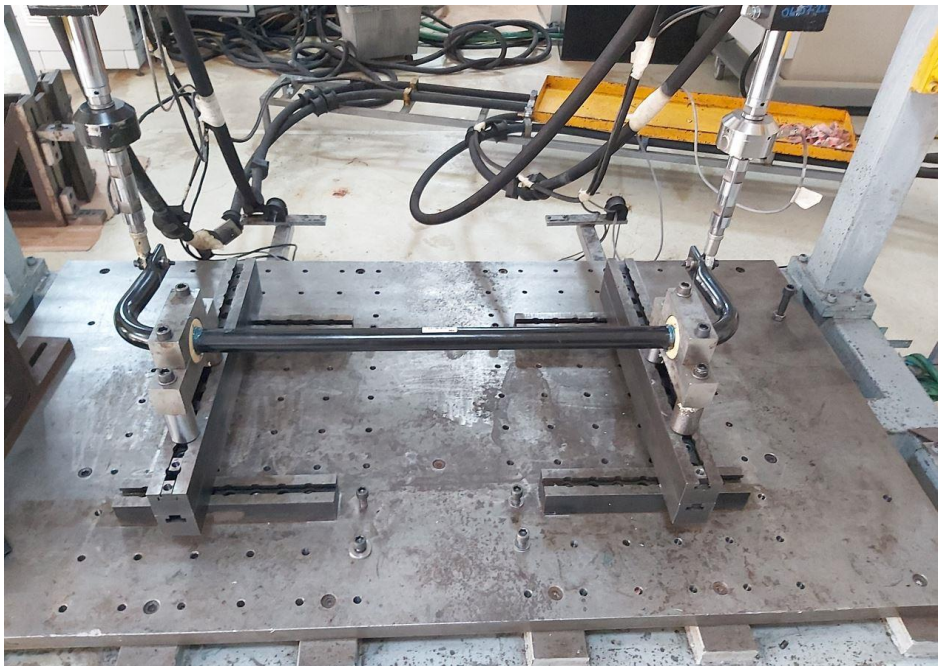
Çizelge 1. 34MnB5' in kimyasal kompozisyonu.

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

Şekil verilen çubuklar kondüksiyon ısıtma yöntemi ile çubuğa elektrik verilerek ısıtılır. 860 °C ‘ye ısıtılan çubuklar bu sıcaklıkta östenite alınır. Çubuğun tavlama işlemi sırasında kondüksiyon yöntemi seçildiği için proseste kalma süresi ehemmiyet kazanır. Prosesin doğası gereği sıcaklık doğrudan ayarlanabilir parametrelerden biri değildir. Çubuğun iki ucundan elektrik verildiği için amper, voltaj ve bekleme süresi prosesin parametreleridir. Tavlanan çubuk sürekli ısındığı için bekleme süresi aşılırsa çubuk yüksek sıcaklıklara çıkacağı için yüzeyinde oksidasyon ve dekarbürizasyon kaçınılmaz olur. Arından yağda su verilir. Hedeflenen mikroyapı martenzittir. Martenzit dönüşümü sırasında YMK kafes sisteminden HMT kafes sistemine geçiş atomların kayma hareketi ile sağlandığı için metastabil denge koşullarında oluşan martenzit fazı çubukta çarpılmalara ve iç gerilmelere neden olmaktadır. Çubuğun gevrekliğini azaltıp tokluğunu arttırmak ve oluşan iç gerilemeleri gidermek için 250 °C’ de 1 saat gerilim giderme işlemi görmektedir. Ardından denge çubuğu kumlama prosesine girer. Bu proseste ısıl işlem sırasında oluşmuş oksit tabaksından kurtulmak, çubuğun yüzeyini temizlemek ve yüzeyde basma gerilmeleri oluşturmak hedeflenmektir. Kumlama prosesinden sonra çubuklar boyanır. Ve araca montajlanabilir hale gelmesi için aksesuarlar takılır.

3. SONUÇLAR VE DEĞERLENDİRME

Üretilen 4 adet numune Mts yorma cihazında yorma testine sokulmuştur. Stroke değerleri ±65 mm’dir. Görsel 5. Yorma test makinesi görülmektedir.



Görsel 5. Mts yorma cihazı.

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

Yorma testi yapılan denge çubukları kol bölgelerinde bulunan link montajı yapılması için açılan deliklerden Mts test cihazına bağlanmıştır. Test cihazının kolları çubuğun kollarını düşey eksende zıt yönlerde hareket ettirerek çevrimli yüklere maruz bırakmaktadır. Mts test cihazının kolları hidrolik sistemle çalıştığı için uygulanan kuvvetler ölçülebilir. Ölçülen kuvvet 0' a yaklaştığında test cihazı kolları durdur. Buda çubuğun kırıldığı ana denk gelir. 4 adet numune bu şekilde yorma testine sokulmuştur.

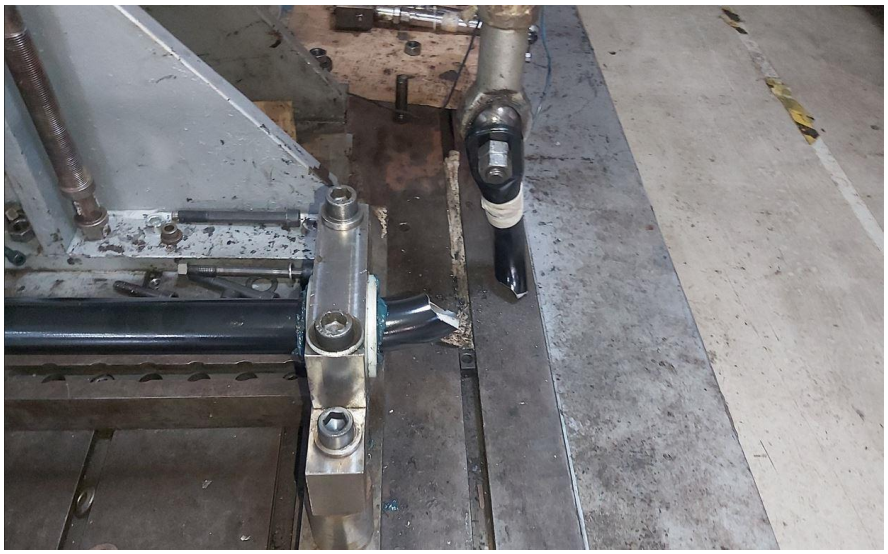
Sonuçlar şöyledir;

21847 çevrim, 33970 çevrim, 62402 çevrim ve 70254 çevrimdir. Görsel 6. Denge çubuklarının çevrim sayıları gösterilmektedir.



Görsel 6. Test sonrası çevrim sayıları.

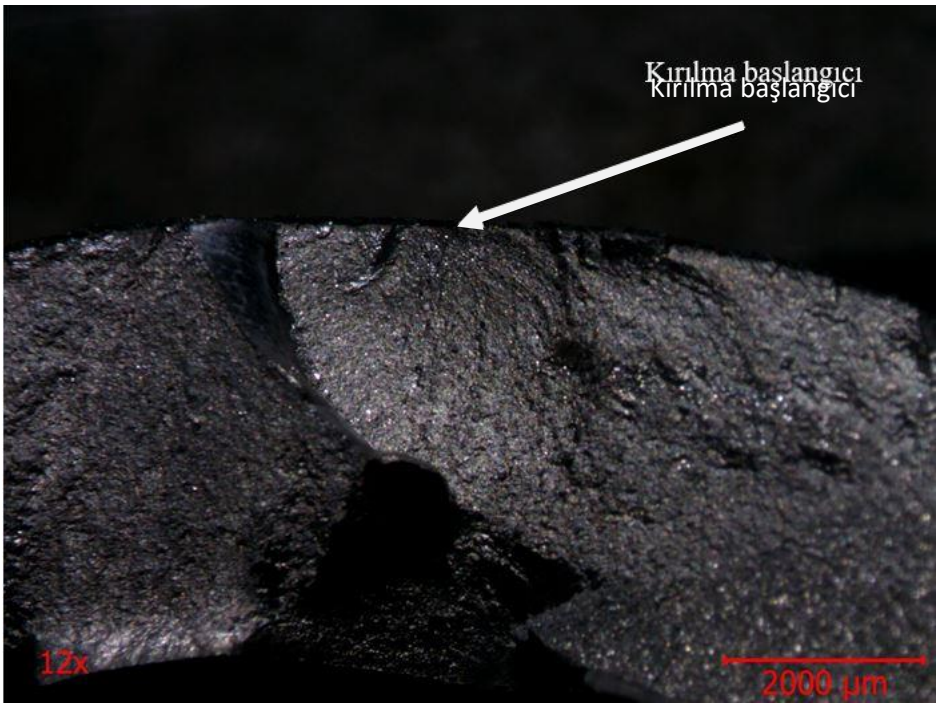
Kırılma bölgeleri incelendiğinde yapılan analiz ile uyumlu olduğu görülmüştür. Bütün çubuklar stresin maksimum olduğu yer olan omuz bölgesinden kırılmıştır. Görsel 7. Yorma testinde kırılan çubuk gösterilmektedir



Görsel 7. Yorma testinde kırılan çubuk.

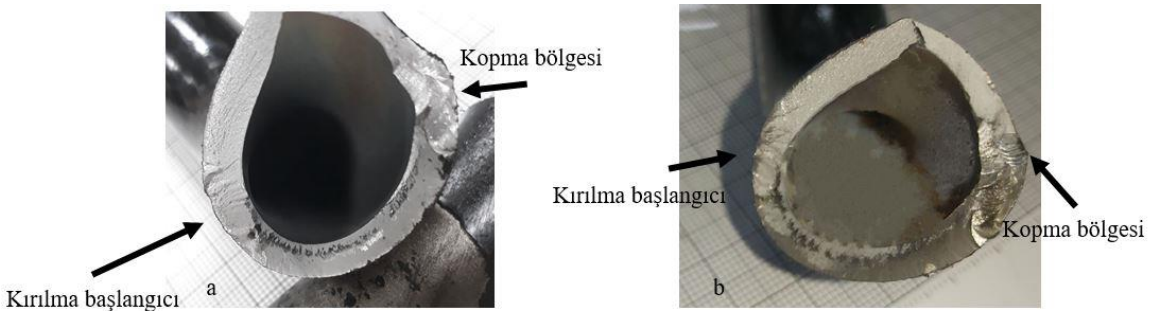
ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

Yorma testi sonra sonrasında kırılan çubukların makro analizleri yapılıp çubukların kırılma bölgeleri tespit edilmiştir. Makro analiz yapılırken yorma izleri takip edilerek kırılma başlangıcı bulunmuştur. Görsel 8. Kırılma bölgesi görülmektedir.



Görsel 8. Kırılma bölgesi.

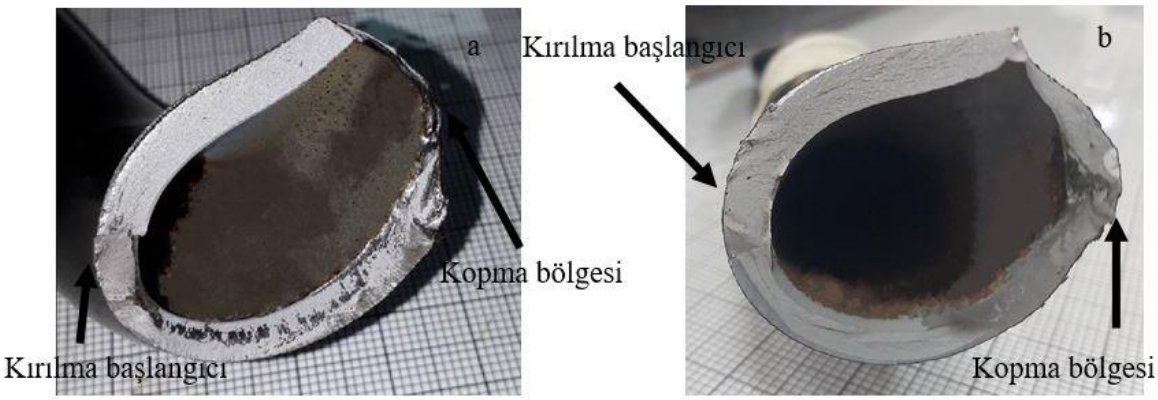
En erken kırılan çubuk 21847 çevrimde kırılmıştır. Kırılma bölgesi incelendiğinde çubuğun dış yüzeyden kırıldığı tespit edilmiştir. Kırılmanın başlangıç noktasındaki izler çubuğun sünek kırıldığını devamında ise sünek kırılma izlerinin kaybolduğu izlerin daha pürüzsüz devam etmesinden ise gevrek kırıldığını göstermektedir. 33970 çevrimde kırılan çubukta 21847 çevrimde kırılan çubukla benzer şekilde kırılmıştır. Çubuk sünek kırılmaya başlayıp gevrek kırılarak devam etmiştir. Görsel 9. Kırılan çubukların kırık bölgelerinin fotoğrafları.



Görsel 9. a) 21847 çevrimde kırılan çubuk, b) 33970 çevrimde kırılan çubuk.

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

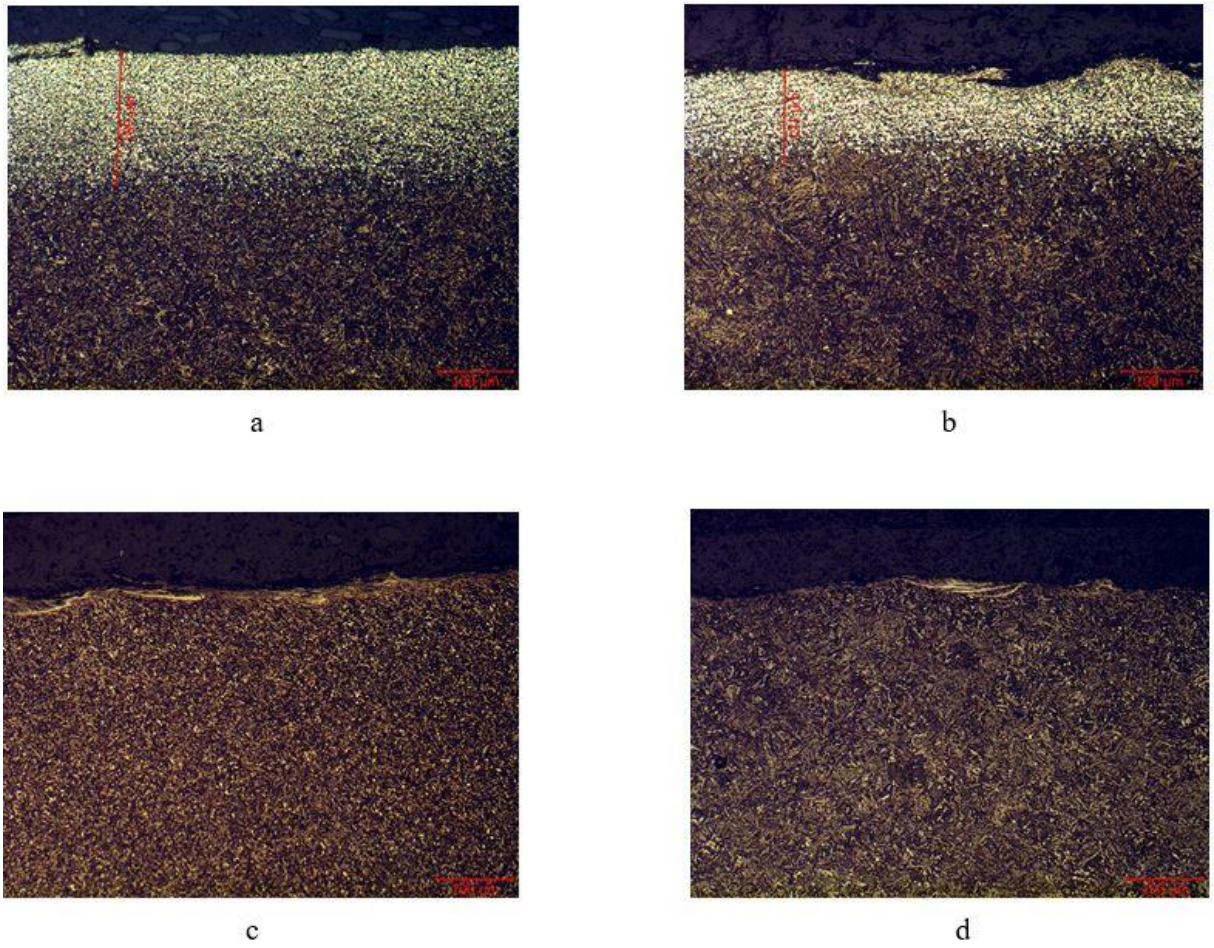
62402 çevrimde kırılan ve 70254 çevrimde kırılan çubukların makro analizleri yapıldığında benzer şekilde kırıldıkları görülmüştür. Görsel 10. 62402 ve 70254 çevrimde kırılan çubukların görüntüleri. Kırılma dış yüzeyden başlamıştır. Kırılma başlangıcını bakıldığında parlak olarak görülmektedir. 21847 ve 33970 çevrimde kırılan çubuklara kıyasla kırılma bölgeleri daha sert görünmektedir. Kırılma bölgesindeki yorulma izleri daha homojen görülmektedir. Bu sebeple çubuğun yüzey ve merkez arasındaki sertlik değerleri birbirine daha yakındır.



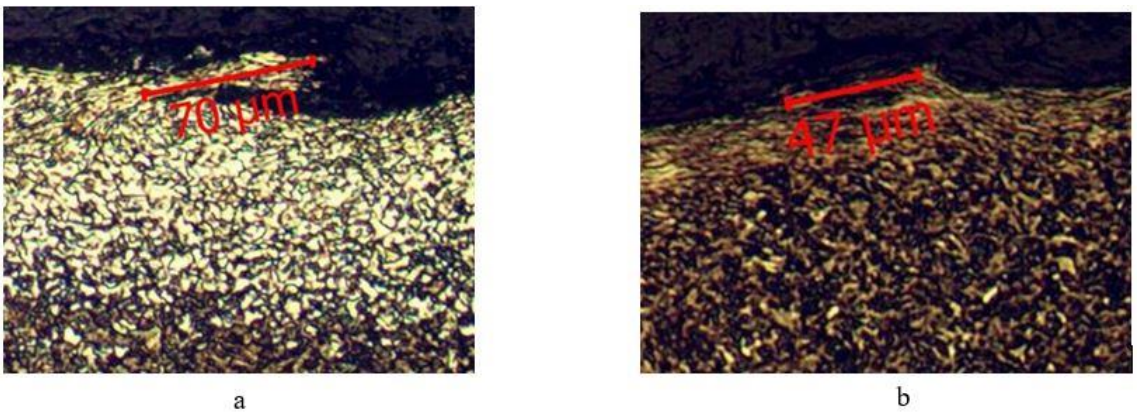
Görsel 10. a) 62402 çevrimde kırılan çubuk, b) 70254 çevrimde kırılan çubuk.

Makro analizlerden sonra mikro analizlere geçilmiştir. Denge çubuklarının kırılma bölgelerinin hemen arkasından numune alınmıştır. Görsel 11. Kırılan çubukların mikro yapı görselleri. 21847 çevrimde, 33970 çevrimde ve 62402 çevrimde kırılan çubuklarda dekarbürizasyon görülmüştür. 21847 çevrimde kırılan çubukta 180 µm, 33970 çevrimde kırılan çubukta 121 µm ve 62402 çevrimde kırılan çubukta ise 22 µm uzunluğunda dekarbürizasyon vardır. A ve b mikroyapı görüntüsünde yüzeyde kayma bantları bariz şekilde görülmektedir. Görsel 12. Oluşan kayma bantları. 62402 çevrimde kırılan çubuğun yüzeyinde oluşan kayma bandı ölçüldüğünde uzunluğu 47 µm gelirken, 33970 çevrimde kırılan çubuğun yüzeyinde oluşan kayma bandı 70 µm uzunluğunda ölçülmüştür.

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



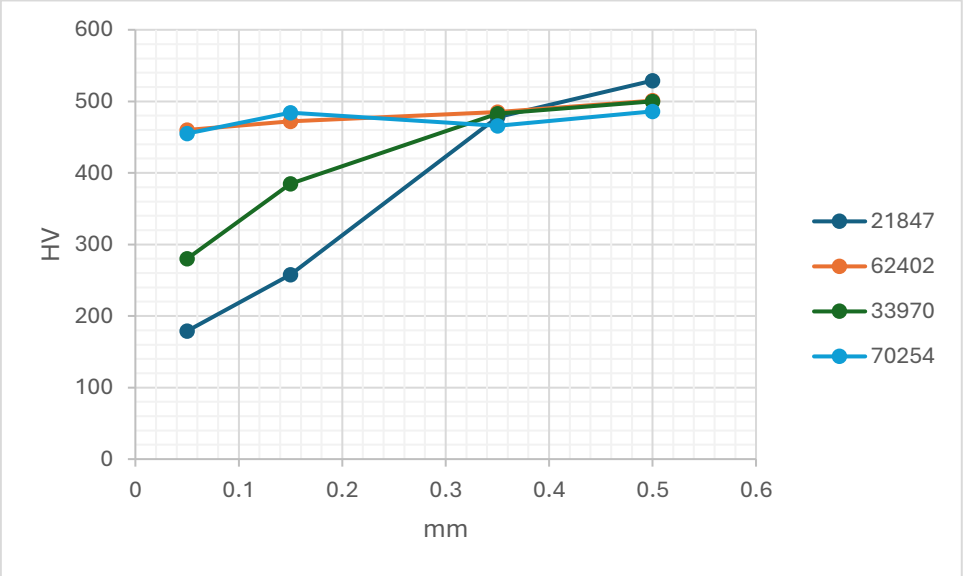
Görsel 11. Kırılma bölgesi mikroyapı görselleri. a) 21847 kırılan çubuk, b) 33970 çevrimde kırılan çubuk, c) 62402 çevrimde kırılan çubuk, c) 70254 çevrimde kırılan çubuk.



Görsel 12. a) 33970 çevrimde kırılan çubuğun yüzeyinde oluşan kayma bandı, b) 62402 çevrimde kırılan çubuğun yüzeyinde oluşan kayma bandı.

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

Çubukların yüzeyinden merkeze doğru sertlik taraması yapıldığında dekarbürizasyon olan bölgelerde sertlik değerlerinin düşük olduğu görülmüştür. Görsel 13. Ölçülen sertlik değerlerinin grafiği görülmektedir. Sertlik ölçümleri Metkon marka Mikrovickers sertlik ölçüm cihazı ile yapılmıştır. Ölçüm yöntemi olarak Hv1 kullanılmıştır. Yüzeyden başlanarak 0.05mm, 0.15mm, 0.35mm ve 0.5mm' de olmak üzere 4 ölçüm yapılmıştır. Ölçüm sonucunda 21847 ve 33970 çevrimde kırılan çubuklarda 0.3mm kadar sertlikte düşüş gözlemlenmiştir. Sertlikteki bu düşüş dekarbürizasyon nedenlidir. Yüzeyden uzaklaşan karbon atomları kafes sisteminde bulunamayınca parçaya sertliğinin veren HMT yapı oluşamamıştır. Demir atomları arasına giren karbon atomları HMK kristal yapısını HMT kristal yapısına dönüştürür. Bu dönüşüm sonucunda kafes distorsiyona uğrar demir atomlarının kayması zorlaşır ve malzemenin sertliği artar. Karbon atomlarının bulunmaması bu dönüşümü engellediği için parçanın sertliği düşmüştür. Parçanın dış yüzey bölgesindeki bu sertlik düşüşü yorma gerilmelerine karşı gösterilen direnci düşürmektedir. Yüzeyde mikro plastik deformasyon oluşumu sırasında kaymalar daha kolay gerçekleşmekte ve çatlak çekirdeklenmesine yol açmaktadır. Bu sebeple çubukların yorulma ömürleri de daha düşük olmaktadır.



Görsel 13. Ölçülen sertlik değerlerinin grafiği.

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

4. GENEL DEĞERLENDİRME VE SONUÇLAR

Bu çalışmada dekarbürizasyon miktarının yorulma ömrüne olan ilişkisi incelenmiştir. 4 adet dekarbürizasyon miktarı birbirinden farklı olan çubuk yorulma testine tabi tutulmuştur. Yorma testi sonucunda parçaların kırılma bölgelerinden numune alınarak mikro ve makro analizler yapılmıştır.

Sonuçlar şu şekildedir;

- Kırılma bölgesine yapılan makro analizlerde 21847 ve 33970 çevrimde kırılan çubuklarda kırılma başlangıcında sünek kırılma gözlemlenmiştir. Kırılmanın diğer aşamalarında gevrek kırılma gözlemlenmiştir. 62402 ve 70254 çevrimde kırılan çubuklarda ise kırılma gevrek başlayıp gevrek devam etmiştir.

- Ölçümlerin sonucunda dekarbürizasyon miktarına göre sertlikte düşüş gözlemlenmiştir. Dekarbürizasyon miktarı, sertlik ve yorulma ömrü ilişkisi Çizelge 2.' de görülmektedir.

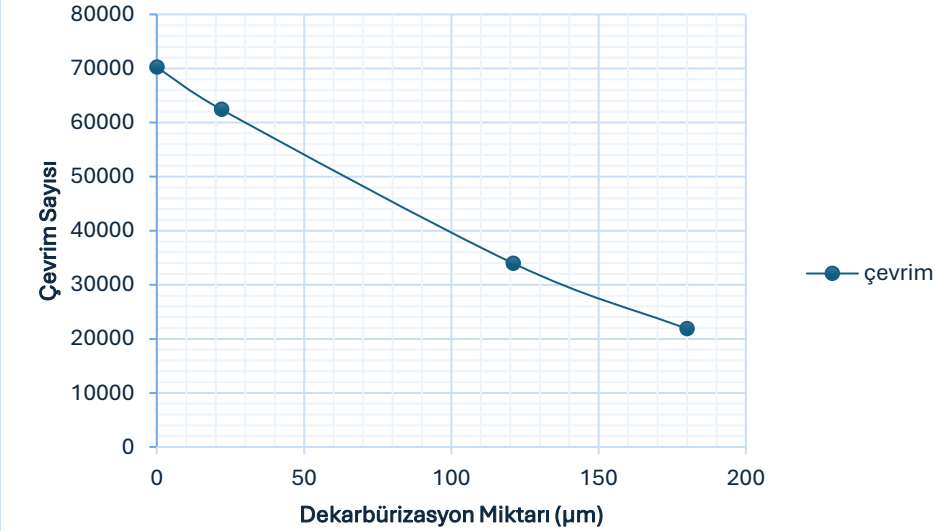
Dekarbürizasyon Miktarı (µm)	**Yüzey Sertliği** (HV)	**Yorulma Ömrü** (Çevrim)
180	179	21847
121	280	33970
22	460	62402
0	455	70254

Çizelge 2. Dekarbürizasyon miktarı, sertlik ve yorulma ilişkisi.

- Yorulma testi sırasında yüzeyde kayma bantlarının oluştuğu gözlemlenmiştir. Ölçülen değerlerden dekarbürizasyon miktarı fazla olan parçalarda kayma bantlarının daha uzun olduğu ölçülmüştür.

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

- Dekarbürizasyon miktarının sertliğe olumsuz etki ettiği, sertlikte düşüşün ise yorulma ömrüne olumsuz yönde etki ettiği görülmüştür. Artan dekarbürizasyon miktarıyla sertlik düşmüş olup, düşen sertlik ise yorulma ömrünü azaltmıştır. Dekarbürizasyon miktarının yorulma ömrünü doğrudan etkilediği görülmüş olup dekarbürizasyon miktarı 100 µm geçince yorulma ömrü yarıya düşmüştür. Görsel 14. Dekarbürizasyon miktarının yorulma ömrüne etkisi görülmektedir.



Görsel 14. Dekarbürizasyon miktarının yorulma ömrüne etkisi.

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

KAYNAKÇA

[1] Uçakkuş, Ö.E., *Polimerli Su ve Yağ Sertleştime Proseslerinde Meydana Gelen Çarpılmaların Boru Denge Çubuğu Yorulma Ömrüne Etkisi,* Yüksek Lisans Tezi, Kocaeli Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kocaeli, 2018.

[2] https://web.itu.edu.tr/gulmezt/MekanikD/YORULMA-1.pdf
(Erişim tarihi: 15.11.2024)

[3]
https://websitem.karatekin.edu.tr/user_files/huseyingokce/files/20231112_5b814a343f894bc88ac76914b6067b29.pdf
(Erişim tarihi: 15.11.2024)

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

DÖNEL ÇOKLU BORULU SİSTEMLERDE FAZ DEĞİŞİM MALZEMESİYLE ENERJİ DEPOLAMA PERFORMANSININ ARAŞTIRILMASI: SAYISAL BİR ARAŞTIRMA

Doç. Dr. Burak KURŞUN
Amasya Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü
burak.kursun@amasya.edu.tr - 0000-0001-5878-3894

Öğr. Gör. Mehmet BALTA
Amasya Üniversitesi, Teknik Bilimler MYO, Makine Programı
mehmet.balta@amasya.edu.tr - 0000-0002-7074-9258

ÖZET

Bu çalışmada, dışta dairesel boru ve içte dört adet dairesel borudan oluşan bir sistemde faz değişim malzemesi (FDM) eritilerek enerji depolama süreci incelenmiştir. Sistem, farklı dönme hızlarında Durgun durum 0 rpm; dönel durumlar olan 0.5 rpm, 1 rpm ve 2 rpm'de döndürülerek FDM'nin erime davranışları ve enerji depolama performansı üzerine etkileri araştırılmıştır. Dönme hızının, ısıl enerji depolama kapasitesini artırmak ve erime sürecini hızlandırmak için önemli bir parametre olduğu belirlenmiştir. Sabit (0 rpm) ve dönen (0.5–2 rpm) sistemler karşılaştırılarak, dönme hızının artırılmasıyla birlikte ısı transferinde iyileşmeler olduğu ve FDM erime süresinin azaldığı tespit edilmiştir. Özellikle, 2 rpm hızında en düşük erime süresi olduğu görülmüştür. Elde edilen bulgular, dönel sistemlerin FDM tabanlı enerji depolama sistemlerinin performansını optimize etmek için etkili bir yöntem sunduğunu ortaya koymaktadır. Ayrıca, yenilenebilir enerji uygulamalarında daha verimli ısıl enerji depolama sistemleri geliştirilmesi açısından önemli bir katkı sunmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Faz değişim malzemesi, Çok tüplü gizli ısı enerjisi depolama sistemi, Aktif ısı transferi iyileştirmesi.

1. GİRİŞ

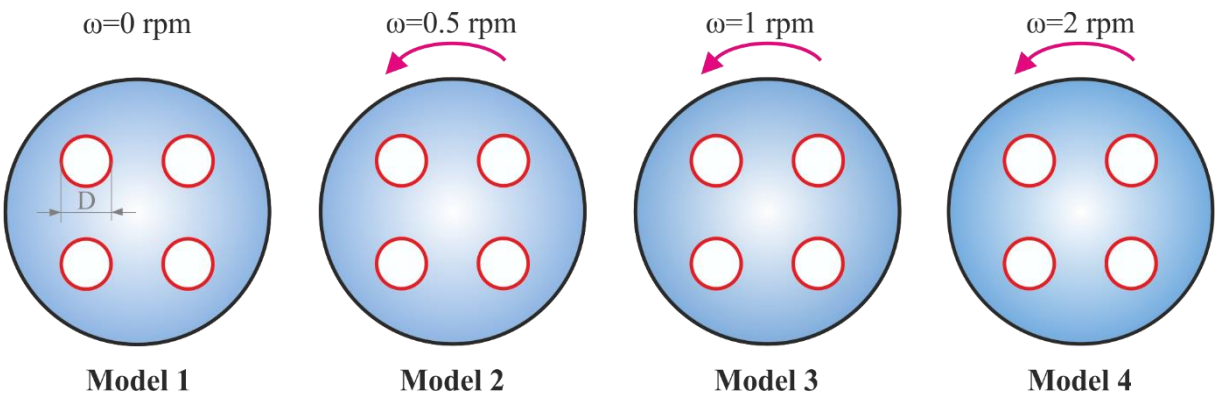
Faz değiştiren malzemeler (FDM), enerjiyi verimli bir şekilde depolamak ve serbest bırakmak için faz değişim süreçlerini kullanan yenilikçi malzemelerdir. Bu malzemeler, katı, sıvı veya gaz gibi farklı fiziksel fazlar arasında geçiş yaparken büyük miktarda gizli ısıyı depolayabilir veya açığa çıkarabilir. FDM'ler, faz değişimi sırasında sıcaklıklarını sabit tutarak termal enerji depolama sistemlerinde yüksek verimlilik sağlar. Örneğin, bir FDM malzeme erime sıcaklığına ulaştığında, faz değişimi gerçekleşirken enerji emer (ısı depolama), donma sırasında ise bu enerjiyi serbest bırakır. Faz değişim malzemelerinin bu özelliklerin yanı sıra düşük iletkenliğe

sahip olmaları gibi bir dezavantajı da vardır. İletim ısı transferini iyileştirmek için aktif veya pasif teknikler üzerine birçok çalışma yürütülmüştür. Ali ve arkadaşları (2018), dönme ve eksantrikliğin ısı transfer oranı üzerindeki etkisinin araştırılması için üç boyutlu sayısal simülasyon yapmıştır. Eksantriklik değişimi ve boru dönüşünün ısı transfer oranında önemli bir artış gösterdiğini belirtmişlerdir. Huang vd. (2024), yaptıkları çalışmada dönme mekanizması ile nanopartikül ilavesinin etkisini kıyaslamayı amaçlamışlardır. Dönme hızının nanopartikül konsantrasyonuna kıyasla erime süresi ve ısı emilim oranı üzerinde daha çok etkiye sahip olduğunu göstermektedir. Khosroshahi ve Hossainpour (2021), sabit hız ve adım adım dönmenin şarj süresi üzerindeki etkisi incelemiştir. Tam eritme süresi depolama ünitesinin sabit dönme hızıyla döndürülmesinin %3,45 azalma olduğunu ve iki zıt yönde dönme ve durdurma adımları arasında 180 derecelik açı farkı olan durumda adım adım dönme uygulayarak sabit duruma göre şarj süresinde %15,5 oranında azalma sağlanabileceğini göstermektedir. Fathi ve Mussa (2023), sabit (0 rpm) durum ile 3, 6 ve 9 rpm üç dönüş hızı kullanılarak yapılan deneyler yapmıştır. Deney sonuçları dönme etkisiyle erime süresinin yaklaşık yarıya indirdiğini göstermiştir. Qu ve arkadaşları (2024), farklı ısı transfer yüzeylerine ve katılaşma veya erimenin meydana gelmesine göre, dört düzenleme oluşmuştur. Termal enerji depolama sisteminin dönüşünün, katılaşma süresini durağan modele kıyasla %46'ya kadar azaltabildiği, ancak dönme hızının değişmesinin küçük bir etkide bulunduğunu ortaya koymuştur. Yadav ve Samir, (2022) birden fazla tüpe bölünmenin ve kanatçıkların kullanılmasının erime performansını artırdığı göstermiştir. En düşük erime süresi, dört basamaklı boruya, 30 mm eksantrikliğe ve (+ tipi) kanatlı modelde olduğunu ortaya koymuştur. Ajarostaghi vd. (2023), boru ve kanat sayısı etkilerini, yerleşim düzeni etkileri ile kanatlı dış borular üzerinde çalışma yapmıştır. Dikey çift dizilimi ve kanatların çift dikey düzenine sahip modelde tam erime süresinin %69,14 oranında azaldığını göstermişlerdir. Bu çalışmada ise çoklu borulu enerji depolama sistemlerinde dönme etkisini araştırma hedeflenmiştir.

2. SAYISAL ÇALIŞMA

2.1. Modeller

Sayısal analizlerde kullanılmış olan model ve durumlar Görsel 1'de verilmiştir. Durgun durum Model 1, 0.5 rpm, 1 rpm ve 2 rpm hızlarda dönen modeller sırasıyla Model 2, Model 3 ve Model 4 olarak adlandırılmıştır. Modeller D=6,9354 mm ölçüsüne sahip dört küçük daire ile dış çapı 36mm olan büyük daireden oluşmaktadır.



Görsel 1. Sayısal analizlerde kullanılan modeller

2.2. Matematiksel Model

Sayısal analizlerde entalpi-gözeneklilik yöntemi kullanılmıştır. Sayısal çözümleme aşağıdaki varsayımlar kabul edilerek gerçekleştirilmiştir (Mahdi ve ark., 2020; Alnakeeb ve ark., 2021).

- Hesaplama alanının iki boyutlu olduğu, akışın zamana bağlı olduğu ve akışkanın sıkıştırılamaz ve Newton tipi olduğu kabul edilmiştir.
- Doğal konveksiyon akışı için Boussinesq yaklaşımı kullanılmıştır.
- Viskoz dağılım ihmal edilmiştir.
- Borunun dış yüzeyinin adyabatik olduğu kabul edilmiştir.

Denklem 1 kütlenin korunumu ve x ve y eksenleri yönündeki momentumun denklemleri denklem 2 ve denklem 3 aşağıda verilmiştir. Denklemler sırasıyla:

$$\frac{\partial \rho}{\partial t}+\frac{\partial(\rho u)}{\partial x}+\frac{\partial(\rho v)}{\partial y}=0 \tag{1}$$

$$\frac{\partial(\rho u)}{\partial t}+\frac{\partial(\rho u u)}{\partial x}+\frac{\partial(\rho v u)}{\partial y}=-\frac{\partial p}{\partial t}+\frac{\partial}{\partial x}\left(\mu \frac{\partial u}{dx}\right)+\frac{\partial}{\partial y}\left(\mu \frac{\partial u}{dy}\right)+uA \tag{2}$$

$$\frac{\partial(\rho v)}{\partial t}+\frac{\partial(\rho u v)}{\partial x}+\frac{\partial(\rho v v)}{\partial y}=-\frac{\partial p}{\partial t}+\frac{\partial}{\partial x}\left(\mu \frac{\partial v}{dx}\right)+\frac{\partial}{\partial y}\left(\mu \frac{\partial v}{dy}\right)+vA+\rho g \beta(T-T_m) \tag{3}$$

Denklemlerde g ifadesi yer çekimi ivmesi (9,81 m/s^2), μ dinamik viskozite, β termal genleşme katsayısı, T sıcaklık, β termal genleşme katsayısıdır. u ve v ise sırasıyla x ve y yönleri için akışkan hızlarıdır. Denklem 3'ün sağ taraftaki son ifade Boussinesq yaklaşımındaki kaldırma kuvveti etkisini ifade etmektedir. A değeri aşağıdaki denklem ile hesaplanabilir. (Kadivar ve ark., 2019):

$$A=-A_{mush}\frac{(1-\lambda)^2}{\lambda^3+\varepsilon} \tag{4}$$

Denklemde λ sıvı oranını temsil etmektedir (Yan vd., 2022).

$$\lambda=\begin{cases}0 & ;\ T<T_s\\ (T-T_s)/(T_l-T_s) & ;\ T_s<T<T_l\\ 1 & ;\ T>T_l\end{cases} \tag{5}$$

Denklemdeki l alt simgesi sıvı durumu ve s alt simgesi katı durumu ifade etmektedir. A_{mush}, katılaşma sırasında akışkan hızının azaltılmasına ilişkin peltemsi bölge için kullanılan katsayıdır ve bu çalışmada $A_{mush} = 10^5$ olarak alınmıştır. ε sıfıra bölünmeyi önleyecek küçük sayıdır ve ε =0,001 olarak alınmıştır (Kadivar ve ark., 2019).

Enerji denklemi aşağıdaki denklem ile ifade edilmiştir,

$$\frac{\partial(\rho h)}{\partial t}+\frac{\partial(\rho u h)}{\partial x}+\frac{\partial(\rho v h)}{\partial y}=\frac{\partial}{\partial x}\left(k\frac{\partial T}{dx}\right)+\frac{\partial}{\partial y}\left(k\frac{\partial T}{dy}\right) \tag{6}$$

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

Denklemde k iletimle ısı transfer katsayısı ve h entalpiyi temsil etmektedir. Entalpi (h) aşağıdaki denklemle hesaplanmaktadır (Yan vd., 2022).

.

$$h = \begin{cases} \int_{T_{ref}}^{T} c_p dT & ; \quad T < T_s \\ \int_{T_{ref}}^{T} c_p dT + \lambda \mathrm{H} & ; \quad T_s < T < T_l \\ \int_{T_{ref}}^{T_s} c_p dT + \int_{T_l}^{T} c_p dT & ; \quad T > T_l \end{cases} \tag{7}$$

C_p özgül ısı kapasitesi, H gizli ısı ve T_{ref} referans sıcaklığıdır (T_{ref} = 298,15 K). Aşağıdaki denklem ile T hesaplanabilir (Yang vd., 2016).

$$T = \lambda(T_l - T_s) + T_s \tag{8}$$

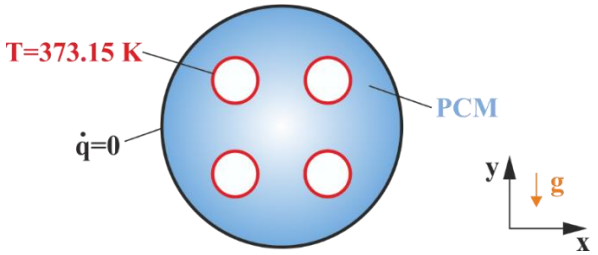
Faz değiştiren malzeme olarak N-eikosan, yüksek enerji depolama yoğunluğuna sahip olması ve sebebiyle tercih edilmiştir. N-eikosan FDM'nin termofiziksel özellikleri Çizelge 1'de verilmiştir.

Çizelge 1. N-eikosan FDM'nin Termofiziksel Özellikleri (Seddegh & Henderson, 2015)

Termofiziksel özellikler	Değer
Katılaşma Sıcaklığı (K)	308.15
Sıvılaşma Sıcaklığı (K)	310.15
Sıvı Yoğunluğu (kg/m3)	770
Özgül Isı Kapasitesi (J/kgK)	2460
Gizli Füzyon Isısı (J/kg)	247.600
Isıl İletkenlik (W/mK)	0,1505
Termal Genleşme Katsayısı (1/K)	0,0009
Dinamik Viskozite (kg/ms)	0,00385

2.3. Sınır Koşulları

Denklemlerinin çözümlenmesinde FDM'nin ortalama erime sıcaklığı 309.15 K olarak alınmıştır. Ayrıca, başlangıç sınır koşulu olarak, FDM sıcaklığının, erime sıcaklığının 1°C altında varsayılmıştır. Enerji depolama sisteminin dış yüzeyi adyabatik kabul edilmiştir. Boru iç yüzeyine ise sabit yüzey sıcaklığı ısı transferi sınır koşulu T=373.15 K verilmiştir.



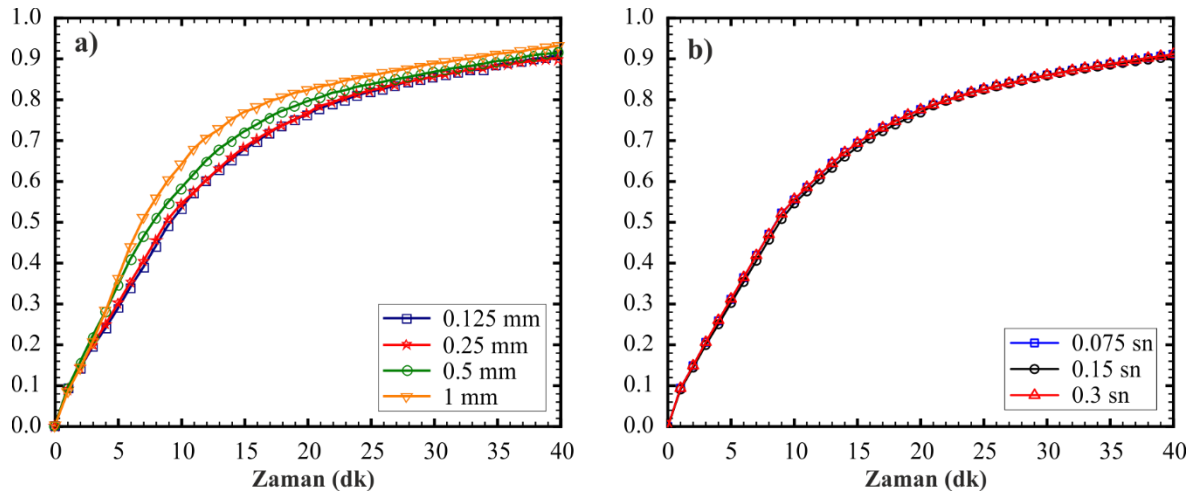
Görsel 2. Sınır koşulları

2.4. Sayısal Yöntem

Yukarıda verilen denklemlerinin sayısal olarak çözümünde sonlu hacimler yöntemi kullanılmış ve sayısal çözümlemeler ANSYS-Fluent 2022 R1 ticari yazılımı ile gerçekleştirilmiştir. Basınç ve hız için algoritma olarak PISO kullanılmış, basınç değerlerinin düzeltilmesinde PRESTO! tercih edilmiştir. Momentum ve enerji denklemlerinin ayrıklaştırılmasında QUICK şeması, denklemlerin zamana bağlı çözümü için ise birinci dereceden geçişli formül kullanılmıştır. Sayısal analizler kalıntı değerleri kütle ile momentumun korunumu için 10^{-6}'nın, enerjinin korunumu için 10^{-8} olarak belirlemiştir. Düzgün dağılımlı tetrahedral mesh yapısı tercih edilmiştir.

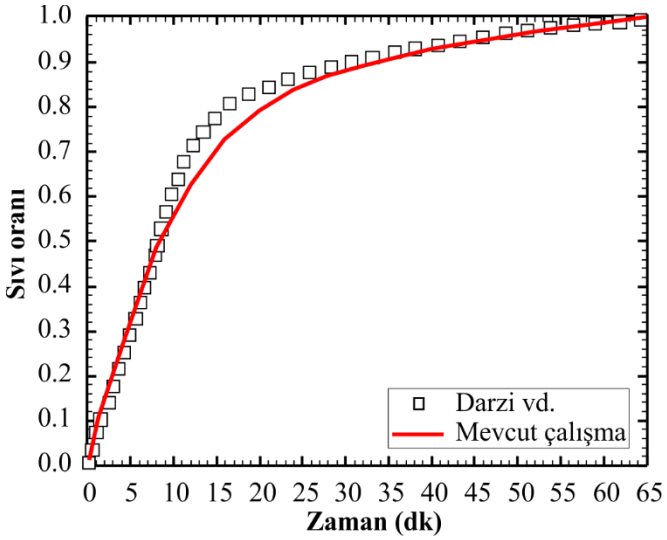
3. ARAŞTIRMA VE BULGULAR

Bu bölümde modellerin FDM'nin erime performansı üzerindeki etkileri sıvı oranı ve FDM sıcaklığı açısından değerlendirilmiştir. Sayısal sonuçların doğruluğunu test etmek için doğrulama analizleri yapılmıştır. Doğrulama işlemleri için öncelikle mesh boyutu ve zaman adımından bağımsızlık testleri yapılmıştır.



Görsel 3. a) Mesh boyutundan ve b) zaman adımından bağımsızlık testi sonuçları

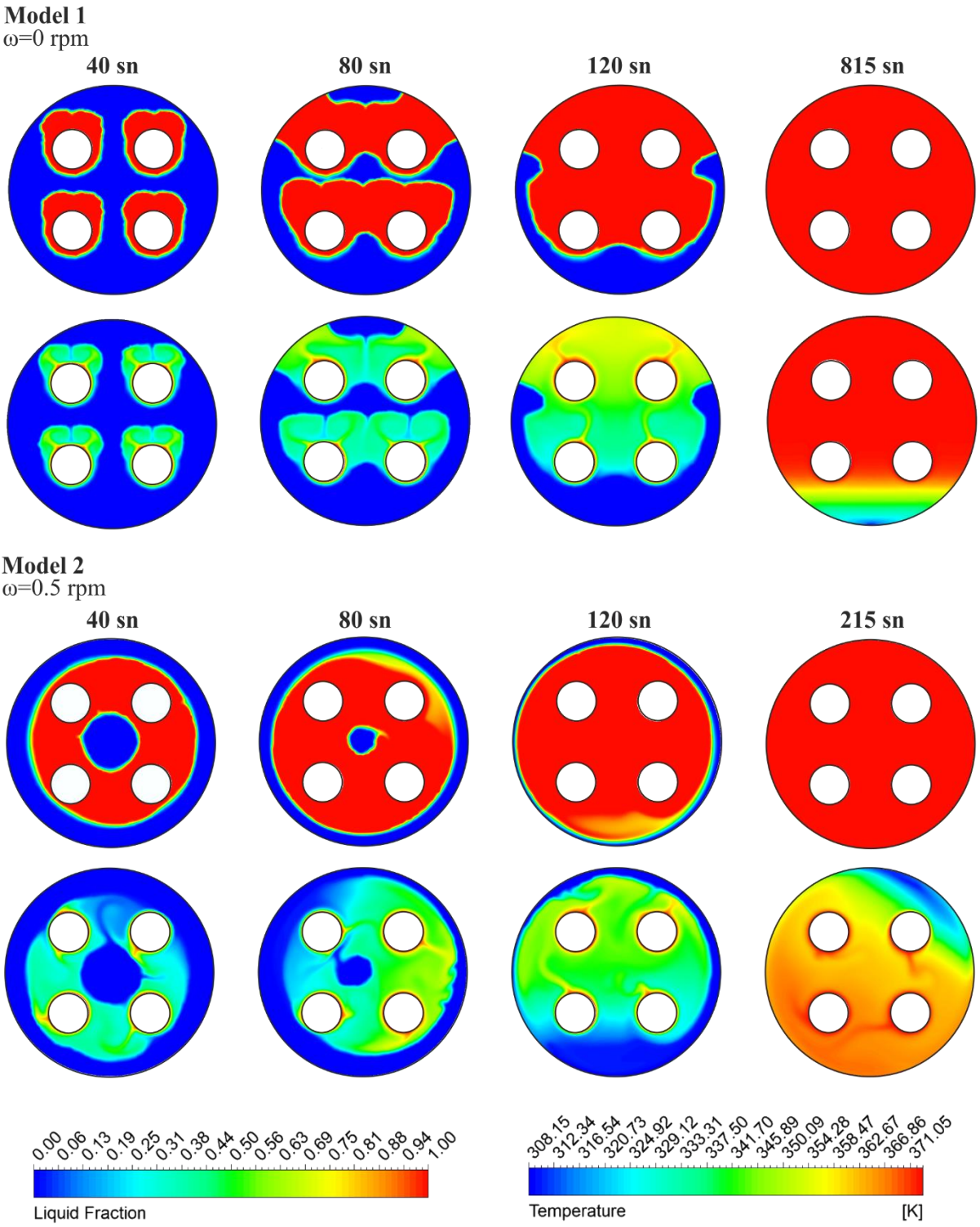
ISBN NR. : 978-625-5962-10-2



Görsel 4. Doğrulama çalışması ile mevcut çalışmanın erime oranları eğrilerinin karşılaştırılması

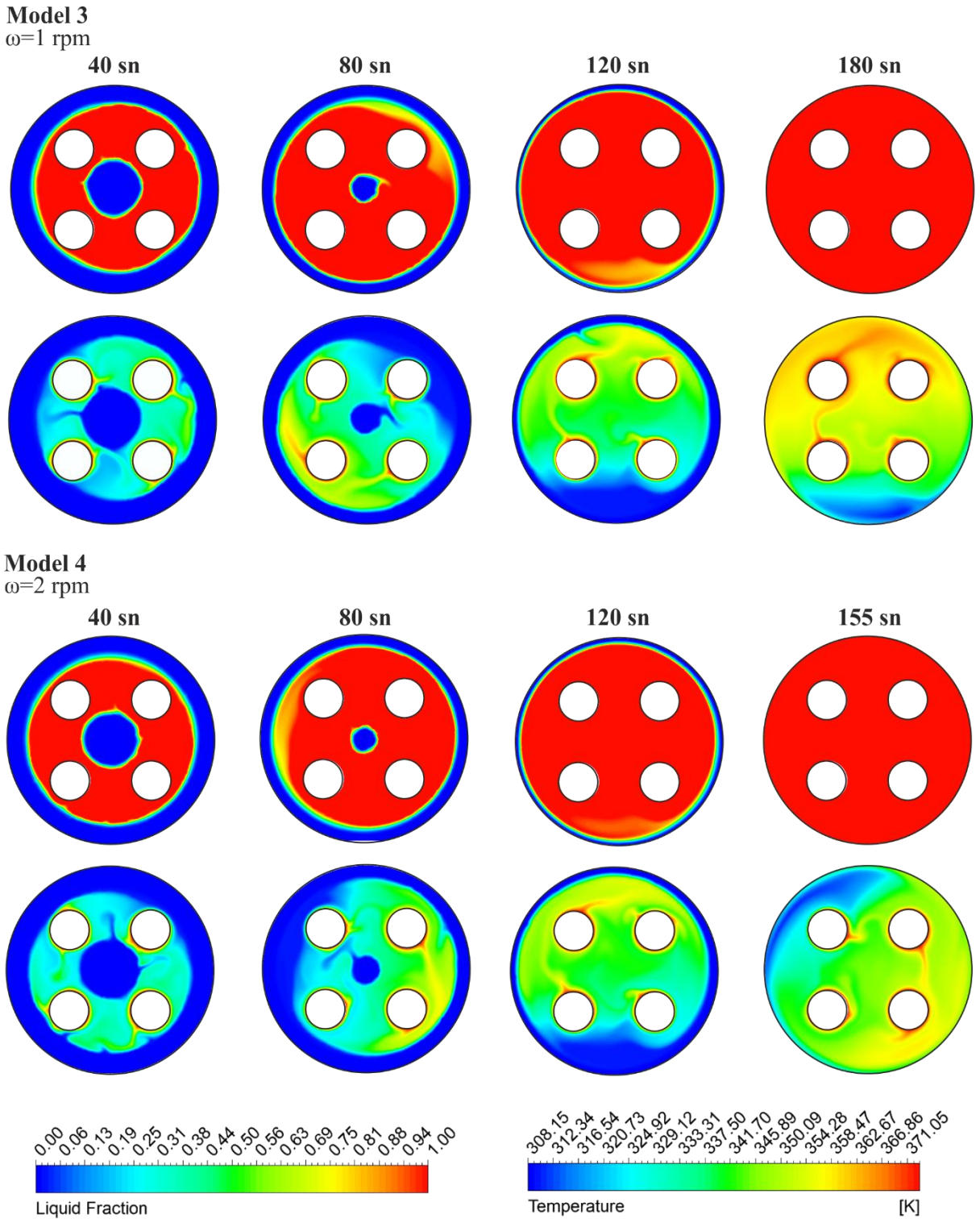
Görsel 3'te görüldüğü gibi, a) 0,25 mm'den küçük ızgara boyutu ve b) 0,15 saniyeden küçük zaman adımı için sıvı oranı değişikliği ihmal edilebilir düzeydedir. Analiz için 0,25 mm'lik bir mesh boyutu ve 0,15 saniyelik bir zaman adımı seçilmiştir. Görsel 4'te doğrulama ile yapılan analiz sonucu arasındaki en yüksek fark %6,5 olarak ölçülmüştür. Bu hata oranı, kullanılan sayısal modelin için uygulanabilir olduğunu göstermiştir.

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



Görsel 5. Model 1 ve Model 2 için sıvı oranı ve sıcaklık konturları

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

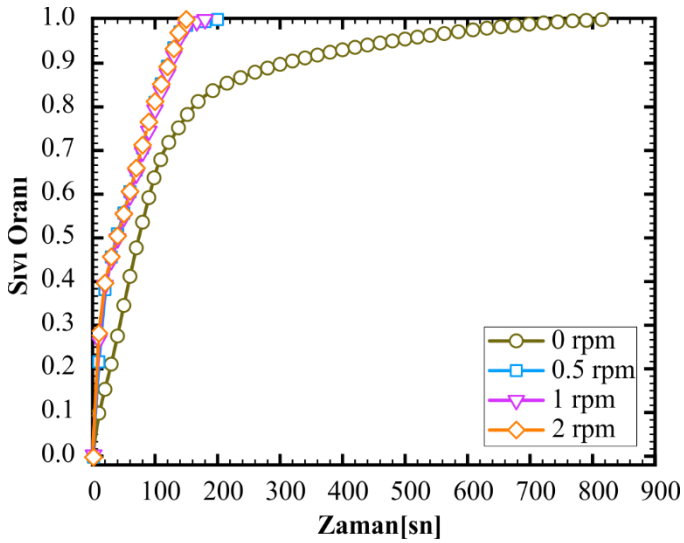


Görsel 6. Model 3 ve Model 4 için sıvı oranı ve sıcaklık konturları

Görsel 5 ve Görsel 6'da tüm modellerin analizinden elde edilen sıvı oranı ve sıcaklık konturları gösterilmiştir. Her bir modelin erime konturları yukarıda, sıcaklık konturları ise aşağıda görselleştirilmiştir. Konturlar 40 sn, 80 sn, 120 sn ve her birinin bitiş sürelerinde verilmiştir. Model 1'de ısı transferinin yalnızca doğal konveksiyon ile olması sebebiyle erimenin en geç tamamlandığını görmekteyiz. FDM'lerin ısıl iletkenliklerinin düşük olması dezavantajının

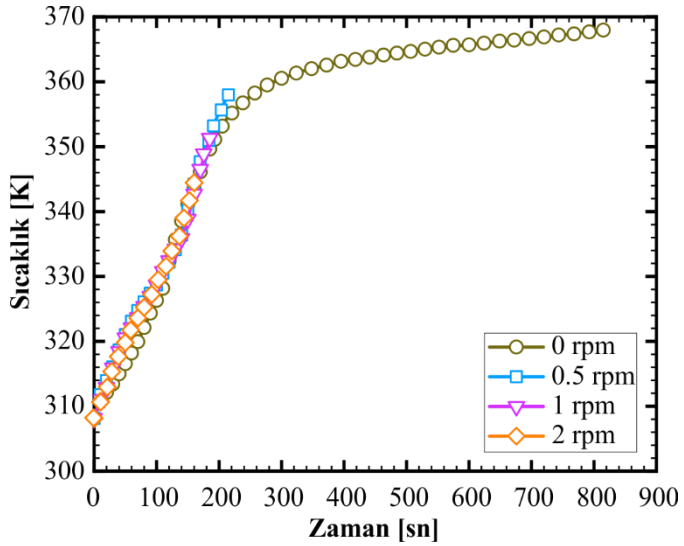
etkisinin azaltılması amacıyla dönme olan Model 2-3-4'e bakıldığında dönmenin etkisiyle erimenin hızlandığını görmekteyiz. 0.5 rpm dönme hareketi, sabit durum ile kıyaslandığında eriyen bölgenin çok daha fazla olduğunu fakat 1 rpm ve 2 rpm ile kıyaslandığında eriyen bölgenin çok değişmediği söylenebilir.

Sıcaklık konturları dönen modeller incelendiğinde 40 sn, 80 sn ve 120 sn için tüm modellerde ortalama sıcaklıkların benzer olduğu görülmüştür. Sabit modelde özellikle 40 sn için sıcaklık dağılımı ortalaması dönen modellere göre biraz daha düşük olduğu gözlemlenmiştir. Çünkü sabit modelde ısı transferi sadece doğal konveksiyon ile olmasıdır. Tamamen erime durumlarında ise en geç eriyen sabit olan Model 1'de ortalama en yüksek sıcaklık oluşmuştur.



Görsel 7. Tüm Modellerin sıvı oranı grafikleri

Görsel 7'de tüm modellerin zamana bağlı erime eğrileri verilmiştir. En hızlı erime 2 rpm hızla dönen Model 4'te, sonra 1 rpm hızla dönen Model 3'te, daha sonrasında ise 0.5 rpm hızla dönen Model 2'te ve en yavaş ise sabit durum için Model 1'de olduğu gözlemlenmiştir.



Görsel 8. Tüm Modellerin sıcaklık grafikleri

Görsel 8'de tüm modellerin zamana bağlı sıcaklık değerleri verilmiştir. En yüksek sıcaklık en son eriyen dönmeyen Model 1'de, diğer modellerde ise büyükten küçüğe sırasıyla Model 2, Model 3 ve Model 4 meydana gelmiştir. Bu sıcaklıkların sırasıyla 368 K, 359 K, 352 K ve 345 K olduğu görülmektedir.

4. SONUÇLAR VE DEĞERLENDİRME

Bu çalışmada, sabit ve dönel dört borulu enerji depolama sisteminde FDM'nin erime performansı incelenmiştir. Çalışma gizli ısı depolama sistemlerinde kullanılan FDM içerisindeki düşük termal iletkenlik dezavantajını azaltmayı amaçlamaktadır. Bunun için belirlenen modelle farklı açısal hızlarda döndürülerek erime süreçleri incelenmiştir. Sayısal analizler Model 1 ile %100 erime 815 saniye sürerken, Model 2, Model 3 ve Model 4 ile sırası ile 215 saniye, 180 saniye ve 155 saniye şarj süreleri elde edilmiştir. Tamamen erime süresindeki en yüksek düşüş Model 4'te olup, Model 1'e göre yaklaşık 5,25 kat daha hızlı tamamlamıştır. Dönme hareketi tüm sistemlerde ısıl verimliliğin iyileştirdiği sonucuna varılmıştır.

KAYNAKÇA

1. Ali, M. A., El-Maghlany, W. M., Eldrainy, Y. A., & Attia, A. (2018). Heat transfer enhancement of double pipe heat exchanger using rotating of variable eccentricity inner pipe. *Alexandria engineering journal*, *57*(4), 3709-3725.
2. Yadav, A., & Samir, S. (2022). Melting dynamics analysis of a multi-tube latent heat thermal energy storage system: Numerical study. *Applied Thermal Engineering*, *214*, 118803.
3. Ajarostaghi, S. S. M., Amirsoleymani, A., Arıcı, M., Dolati, A., & Amiri, L. (2023). Thermal energy storage with PCMs: A comprehensive study of horizontal shell and multi-tube systems with finned design. *Journal of Energy Storage*, *72*, 108762.
4. Huang, X., Hu, R., Gao, X., Yang, X., & Li, M. J. (2024). Study on melting process of latent heat energy storage system by nano-enhanced phase change material under rotation condition. Applied Thermal Engineering, 247, 123040.
5. Khosroshahi, A. J., & Hossainpour, S. (2021). Investigation of storage rotation effect on phase change material charging process in latent heat thermal energy storage system. Journal of Energy Storage, 36, 102442.
6. Fathi, M. I., & Mussa, M. A. (2023). The effect of whole system rotation on the thermal performance of a phase change energy storage. Journal of Energy Storage, 68, 107732.

7. Qu, X., Qi, X., Zhang, Y., & Zhou, D. (2024). Performance of a rotating latent heat thermal energy storage unit with heat transfer from different surfaces. *Applied Thermal Engineering*, *248*, 123147.

8. Mahdi, M. S., Mahood, H. B., Mahdi, J. M., Khadom, A. A., & Campbell, A. N. (2020). Improved PCM melting in a thermal energy storage system of double-pipe helical-coil tube. Energy Conversion and Management, 203, 112238.

9. Alnakeeb, M. A., Salam, M. A. A., & Hassab, M. A. (2021). Eccentricity optimization of an inner flat-tube double-pipe latent-heat thermal energy storage unit. Case Studies in Thermal Engineering, 25, 100969.

10. Kadivar, M. R., Moghimi, M. A., Sapin, P., & Markides, C. N. (2019). Annulus eccentricity optimisation of a phase-change material (PCM) horizontal double-pipe thermal energy store. Journal of Energy Storage, 26, 101030.

11. Yan, P., Fan, W., Yang, Y., Ding, H., Arshad, A., & Wen, C. (2022). Performance enhancement of phase change materials in triplex-tube latent heat energy storage system using novel fin configurations. Applied Energy, 327, 120064.

12. Yang, X. H., Tan, S. C., & Liu, J. (2016). Numerical investigation of the phase change process of low melting point metal. International Journal of Heat and Mass Transfer, 100, 899-907.

13. Seddegh, S., Wang, X., & Henderson, A. D. (2015). Numerical investigation of heat transfer mechanism in a vertical shell and tube latent heat energy storage system. Applied thermal engineering, 87, 698-706.

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

DAİRESEL VE ELİPS BORULU ENERJİ DEPOLAMA SİSTEMLERİNİN ISI DEPOLAMALARININ KARŞILAŞTIRILMASI

Doç. Dr. Burak KURŞUN
Amasya Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü
burak.kursun@amasya.edu.tr - 0000-0001-5878-3894

Öğr. Gör. Mehmet BALTA
Amasya Üniversitesi, Teknik Bilimler MYO, Makine Programı
mehmet.balta@amasya.edu.tr - 0000-0002-7074-9258

ÖZET

Bu çalışmada, dışta dairesel bir boru ve içinde farklı geometrilere sahip çoklu iç borular içeren sistemlerde faz değişim malzemesi (FDM) ile enerji depolama performansı incelenmiştir. Farklı iç boru geometrileri, FDM'nin erime davranışını, ısı transfer performansını ve enerji depolama verimliliğini değerlendirmek amacıyla tasarlanmıştır. Modellerde, dışta bir dairesel boru içerisinde sırasıyla dört adet dairesel boru, dört adet elips boru, 30 derece eğimli dört elips boru ve 60 derece eğimli dört elips boru kullanılmıştır. Bu dört farklı geometri üzerinde, FDM'nin erime ve katılaşma süreçleri, enerji depolama ve boşaltma süreleri ile sistemin ısıl performansı karşılaştırılmıştır. Dairesel boru düzeni, enerji depolama açısından daha düşük bir performans sergilemiştir. Çalışmada ayrıca, boru geometrilerinin ve eğim açılarının, FDM'nin üzerinde önemli bir rol oynadığı görülmüştür. Boru geometrilerinin FDM tabanlı enerji depolama sistemlerinde kullanılabilirliğini değerlendirerek, enerji verimliliğini artırmaya yönelik optimize edilmiş tasarımların geliştirilmesine fikir oluşturmaktadır. Elde edilen bulgular, enerji depolama uygulamalarında iç boru geometrisinin önemli olduğunu ve elipsin daha verimli bir alternatif olabileceğini göstermektedir.

Anahtar Kelimeler: Çok tüplü gizli ısı enerjisi depolama sistemi, İç boru geometrisi, Aktif ısı transferi iyileştirmesi, Faz değişim malzemesi.

1. GİRİŞ

Enerji depolama, modern dünyada enerji verimliliğini artırmak ve yenilenebilir enerji kaynaklarını daha etkili kullanmak için büyük bir önem taşımaktadır. Bu alandaki yenilikçi çözümlerden biri de faz değiştiren malzemelerin (FDM) kullanımıdır. FDM'ler, faz değişim süreçlerinde yüksek miktarda gizli ısı depolayarak enerji depolama sistemlerinin performansını önemli ölçüde artırır. Özellikle katıdan sıvıya veya sıvıdan katıya geçiş sırasında, çevreden enerji alabilir ya da bu enerjiyi geri serbest bırakabilirler.

Faz değiştiren malzemeler, düşük hacimde yüksek enerji depolama kapasiteleri ve sabit sıcaklıkta enerji alışverişi yapabilme özellikleriyle ön plana çıkar. Yenilenebilir enerji sistemleri, binaların ısıtma-soğutma sistemleri ve termal yönetim uygulamaları gibi birçok alanda kullanılan bu malzemeler, enerji depolama süreçlerini daha verimli ve sürdürülebilir hale getirir. FDM teknolojisi hem ekonomik hem de çevresel açıdan enerji sistemlerine değer katan bir çözüm olarak dikkat çekmektedir. FDM ile gizli ısı enerjisi depolamasına yönelik çalışmalar göz önüne alındığında, pratikte uygulanma potansiyeli yüksek ve enerji depolama maliyeti düşük yöntemlerin boru geometrisi değişimi ve boru yerleşim düzenlerinin değiştirilmesi (eksantrik) olduğu anlaşılmaktadır. Daha önce yapılmış çalışmalardan bazıları şunlardır. Bazai ve arkadaşları (2020), çalışmalarında hem eritme hem de katılaşma süreçleri farklı elips en boy oranları ve iç elipsin açısal konum etkileri araştırılmıştır. Sonuçlar, en boy oranının 1/3H minimum erime süresi için en iyi performansa sahip olduğunu; ancak en boy oranının katılaşma süreci üzerinde belirgin bir etkisi olmadığını göstermiştir. Elips açısının incelenmesinde, açının erime süresine etki ettiği fakat katılaşma süresinde ise belirgin değişimin olmadığını ortaya koymuştur. Mahdi ve diğerleri (2021), üç dairesel borunun farklı yerleşim düzenin için erime performansını incelemiştir. Araştırmalar boruları, dış borunun alt bölgesine yerleştirilmesinin erime süresi bakımından en iyi sonuçları verdiğini belirmişlerdir. Hekmat vd. (2022), enerji depolama sisteminin dış kısmında daire, yatay elips, dikey elips, kare, üçgen ve aşağı ve yukarı doğru trapezleri geometrisinin erime ve katılaşma hızları üzerindeki etkilerini üzerine çalışma yapmıştır. Ayrıca çalışmasında nanopartiküllerin ve kanatçıkların etkilerini de incelemiştir. Kap geometrisi, nanopartiküller ve kanatçıkların kombinasyonuyla elde edilen en iyi iyileştirmeler ile erime ve katılaşma süreleri için sırasıyla %80 ve %66 olduğunu ortaya koymuştur. Esapour vd. (2016), çalışmalarında hem geometrik hem de operasyonel parametrelerin varyasyonlarını incelenmiş çok borulu ısı değiştiriciler arasında sayısal bir araştırma ve karşılaştırma yapılmıştır. Boru sayısı arttıkça, erime süresini azalttığını ifade etmiştir. Dhaidan vd. (2013), iki dairesel silindirden oluşan enerji depolama sisteminde farklı radyal ve açısal konumlardaki iç boru durumlarında faz değişim malzemelerinin eritilmesi deneysel ve sayısal olarak incelenmiştir. İç silindirik tüp sabit bir ısı akısı, dış silindirik tüp termal olarak yalıtılmıştır. Ayrıca nanopartikül konsantrasyonunun ve uygulanan ısı akısı miktarının erime süreci üzerindeki etkileri incelenmiştir. Yaptıkları çalışmada, erime sürelerinde iyileşme olduğunu göstermişler. Bir diğer çalışmada, dış borunun yarım dairesel olduğu enerji depolama sisteminde üç farklı iç boru pozisyon değerinde erime hızındaki artış incelendi Yarım dairesel dış borulu sistemin, dairesel dış borulu enerji depolama sistemine kıyasla; erime performansında artış göstermektedir (Kumar ve ark., 2022).

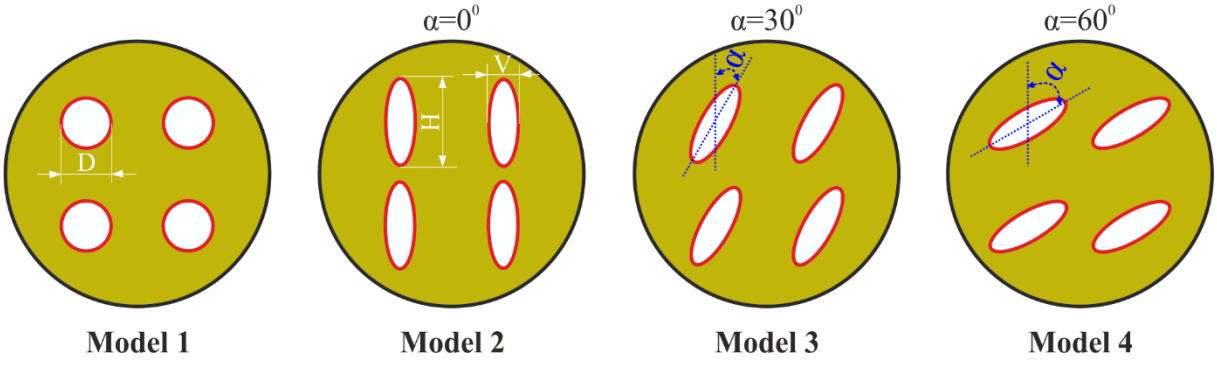
Bu çalışma ise çoklu borulu enerji depolama sistemlerinde hem geometrik modifikasyon ve yerleşim düzeninde açısal konum etkisini incelemek amaçlanmıştır.

2. SAYISAL ÇALIŞMA

2.1. Modeller

Sayısal analizlerde kullanılmış olan model ve durumlar Görsel 1'de verilmiştir. Model 1, D=6,9354 mm ölçüsüne sahip dört küçük daire ile dış çapı 36mm olan büyük daireden oluşmaktadır. Model 2, V=4 mm ve H=12 mm ölçüsüne sahip dört küçük elipsten oluşmuştur. Model 3; Model2'deki elipslerin 30^0 dönmesi ile Model 4 ise Model 2'deki elipslerin 60^0

döndürülmesi ile oluşturulmuştur. Her bir daire ile her bir elipsin alanları eşitlenmiştir, böylece aynı FDM alanları oluşturularak karşılaştırma yapılmıştır.



Görsel 1. Sayısal çalışmada kullanılan modeller

2.2. Matematiksel Model

Entalpi-gözeneklilik yöntemi, sayısal analizlerde temel alınmıştır. Sayısal çözümleme, aşağıdaki varsayımlar doğrultusunda gerçekleştirilmiştir (Mahdi ve ark., 2020; Alnakeeb ve ark., 2021):

- Hesaplama alanının iki boyutlu olduğu, akışın zamana bağlı olduğu, akışkanın sıkıştırılamaz ve Newton tipi olduğu varsayılmıştır.
- Doğal konveksiyon akışı için Boussinesq yaklaşımı uygulanmıştır.
- Viskoz dağılımın etkileri ihmal edilmiştir.
- Borunun dış yüzeyinin adyabatik olduğu kabul edilmiştir.

Denklem 1, kütlenin korunumu, x ve y eksenlerindeki momentum denklemleri ise Denklem 2 ve Denklem 3 olarak aşağıda sunulmuştur. Bu denklemler sırasıyla ifade edilmektedir:

$$\frac{\partial \rho}{\partial t}+\frac{\partial(\rho u)}{\partial x}+\frac{\partial(\rho v)}{\partial y}=0 \tag{1}$$

$$\frac{\partial(\rho u)}{\partial t}+\frac{\partial(\rho u u)}{\partial x}+\frac{\partial(\rho v u)}{\partial y}=-\frac{\partial p}{\partial t}+\frac{\partial}{\partial x}\left(\mu \frac{\partial u}{dx}\right)+\frac{\partial}{\partial y}\left(\mu \frac{\partial u}{dy}\right)+uA \tag{2}$$

$$\frac{\partial(\rho v)}{\partial t}+\frac{\partial(\rho u v)}{\partial x}+\frac{\partial(\rho v v)}{\partial y}=-\frac{\partial p}{\partial t}+\frac{\partial}{\partial x}\left(\mu \frac{\partial v}{dx}\right)+\frac{\partial}{\partial y}\left(\mu \frac{\partial v}{dy}\right)+vA+\rho g \beta(T-T_m) \tag{3}$$

Denklemlerde, g ifadesi yer çekimi ivmesi (9,81 m/s^2), μ dinamik viskozite, β termal genleşme katsayısı, T sıcaklık, β termal genleşme katsayısıdır. u ve v ise sırasıyla x ve y yönleri için akışkan hızlarıdır. Denklem 3'ün sağ taraftaki son ifade Boussinesq yaklaşımındaki kaldırma kuvveti etkisini ifade etmektedir. A değeri aşağıdaki denklem ile hesaplanabilir. (Kadivar ve ark., 2019):

Denklem 3'te, sağ tarafta yer alan son terim, Boussinesq yaklaşımına göre kaldırma kuvveti etkisini temsil etmektedir. A değeri, aşağıdaki denklem aracılığıyla hesaplanabilir (Kadivar ve ark., 2019):

$$A = -A_{mush}\frac{(1-\lambda)^2}{\lambda^3+\varepsilon} \tag{4}$$

Denklemde λ sıvı oranını temsil etmektedir (Yan vd., 2022).

$$\lambda = \begin{cases} 0 & ;\ T < T_s \\ (T-T_s)/(T_l-T_s) & ;\ T_s < T < T_l \\ 1 & ;\ T > T_l \end{cases} \tag{5}$$

Denklemde kullanılan alt simgeler, l sıvı durumunu, s ise katı durumunu temsil etmektedir. A_{mush}, katılaşma sırasında akışkan hızının azalmasını ifade eden peltemsi bölge katsayısıdır ve bu çalışmada $A_{mush} = 10^5$ olarak belirlenmiştir. ε sıfıra bölünmeyi engellemek için kullanılan küçük bir değeri temsil eder ve bu çalışmada ε =0,001 olarak kabul edilmiştir (Kadivar ve ark., 2019).

Enerji denklemi aşağıdaki denklem ile ifade edilmiştir,

$$\frac{\partial(\rho h)}{\partial t}+\frac{\partial(\rho u h)}{\partial x}+\frac{\partial(\rho v h)}{\partial y}=\frac{\partial}{\partial x}\left(k\frac{\partial T}{dx}\right)+\frac{\partial}{\partial y}\left(k\frac{\partial T}{dy}\right) \tag{6}$$

Denklemde k, iletimle ısı transfer katsayısını, h ise entalpiyi ifade etmektedir. Entalpi (h), aşağıdaki denklem kullanılarak hesaplanmaktadır (Yan ve ark., 2022):

$$h = \begin{cases} \int_{T_{ref}}^{T} c_p dT & ;\ T < T_s \\ \int_{T_{ref}}^{T} c_p dT + \lambda \mathrm{H} & ;\ T_s < T < T_l \\ \int_{T_{ref}}^{T_s} c_p dT + \int_{T_l}^{T} c_p dT & ;\ T > T_l \end{cases} \tag{7}$$

C_p özgül ısı kapasitesini, H gizli ısıyı ve T_{ref} referans sıcaklığını temsil etmektedir (T_{ref} = 298,15 K). AşağıdaT'yi hesaplamak için denklem verilmiştir (Yang vd., 2016).

$$T = \lambda(T_l - T_s) + T_s \tag{8}$$

Faz değiştiren malzeme olarak N-eikosan tercih edilmiştir. Bunun nedeni, yüksek enerji depolama yoğunluğuna sahip olmasıdır. N-eikosan FDM'nin termofiziksel özellikleri Çizelge 1'de sunulmaktadır.

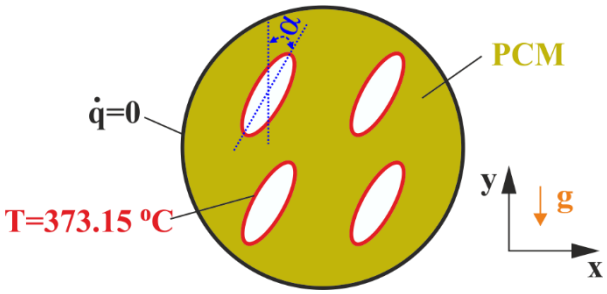
ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

Çizelge 1. N-eikosan FDM'nin Termofiziksel Özellikleri (Seddegh & Henderson, 2015)

Termofiziksel özellikler	Değer
Katılaşma Sıcaklığı (K)	308.15
Sıvılaşma Sıcaklığı (K)	310.15
Sıvı Yoğunluğu (kg/m3)	770
Özgül Isı Kapasitesi (J/kgK)	2460
Gizli Füzyon Isısı (J/kg)	247.600
Isıl İletkenlik (W/mK)	0,1505
Termal Genleşme Katsayısı (1/K)	0,0009
Dinamik Viskozite (kg/ms)	0,00385

2.3. Sınır Koşulları

Denklemlerin çözümlenmesinde, faz değiştiren malzemenin (FDM) ortalama erime sıcaklığı 309.15 K olarak alınmıştır. Başlangıç sınır koşulu olarak, FDM sıcaklığının erime sıcaklığının 1°C altında olduğu varsayılmıştır. Enerji depolama sisteminin dış yüzeyi adyabatik kabul edilmiştir. Boru iç yüzeyine ise sabit yüzey sınır koşulu uygulanmış olup, bu sıcaklık T=373.15 K olarak belirlenmiştir.



Görsel 2. Sınır koşulları

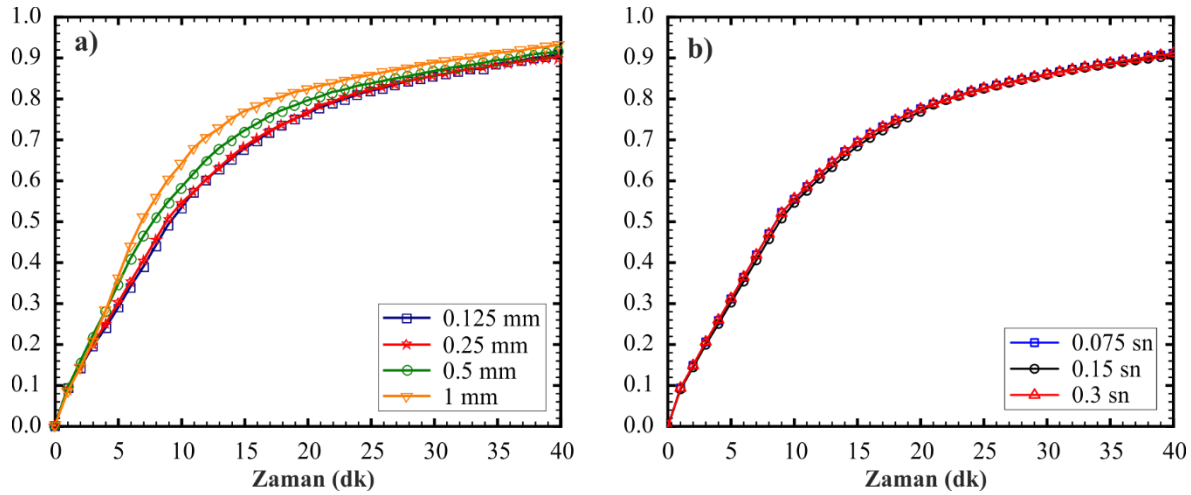
2.4. Sayısal Yöntem

Yukarıda verilen denklemlerin sayısal çözümünde sonlu hacimler yöntemi kullanılmış ve çözümlemeler ANSYS-Fluent 2022 R1 ticari yazılımı ile gerçekleştirilmiştir. Basınç ve hız arasındaki bağın çözümü için PISO algoritması uygulanmış, basınç düzeltmeleri için ise PRESTO! yöntemi tercih edilmiştir. Momentum ve enerji denklemlerinin ayrıklaştırılmasında QUICK şeması kullanılmış, denklemlerin zamana bağlı çözümü için ise birinci dereceden geçişli formül uygulanmıştır. Sayısal analizlerde, kalıntı değerleri kütle ve momentumun korunumu için 10^{-6}'nın enerjinin korunumu için ise 10^{-8} olarak belirlenmiştir. Ayrıca, düzgün dağılımlı tetrahedral mesh yapısı tercih edilmiştir.

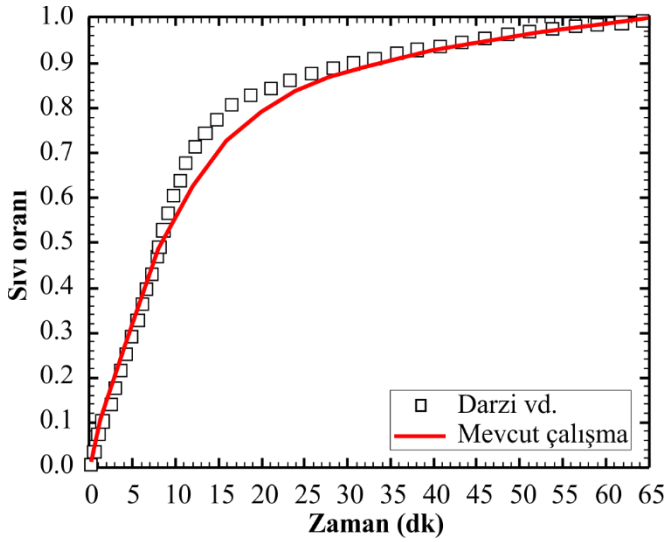
3. ARAŞTIRMA VE BULGULAR

Bu bölümde, modellerin FDM'nin erime performansı üzerindeki etkileri, sıvı oranı ve FDM sıcaklığı temelinde incelenmiştir. Sayısal sonuçların doğruluğunu değerlendirmek amacıyla

doğrulama analizleri gerçekleştirilmiştir. Doğrulama sürecinde öncelikle mesh boyutu ve zaman adımına bağımlılık testleri yapılmıştır.



Görsel 3. a) Mesh boyutundan ve b) zaman adımından bağımsızlık testi sonuçları



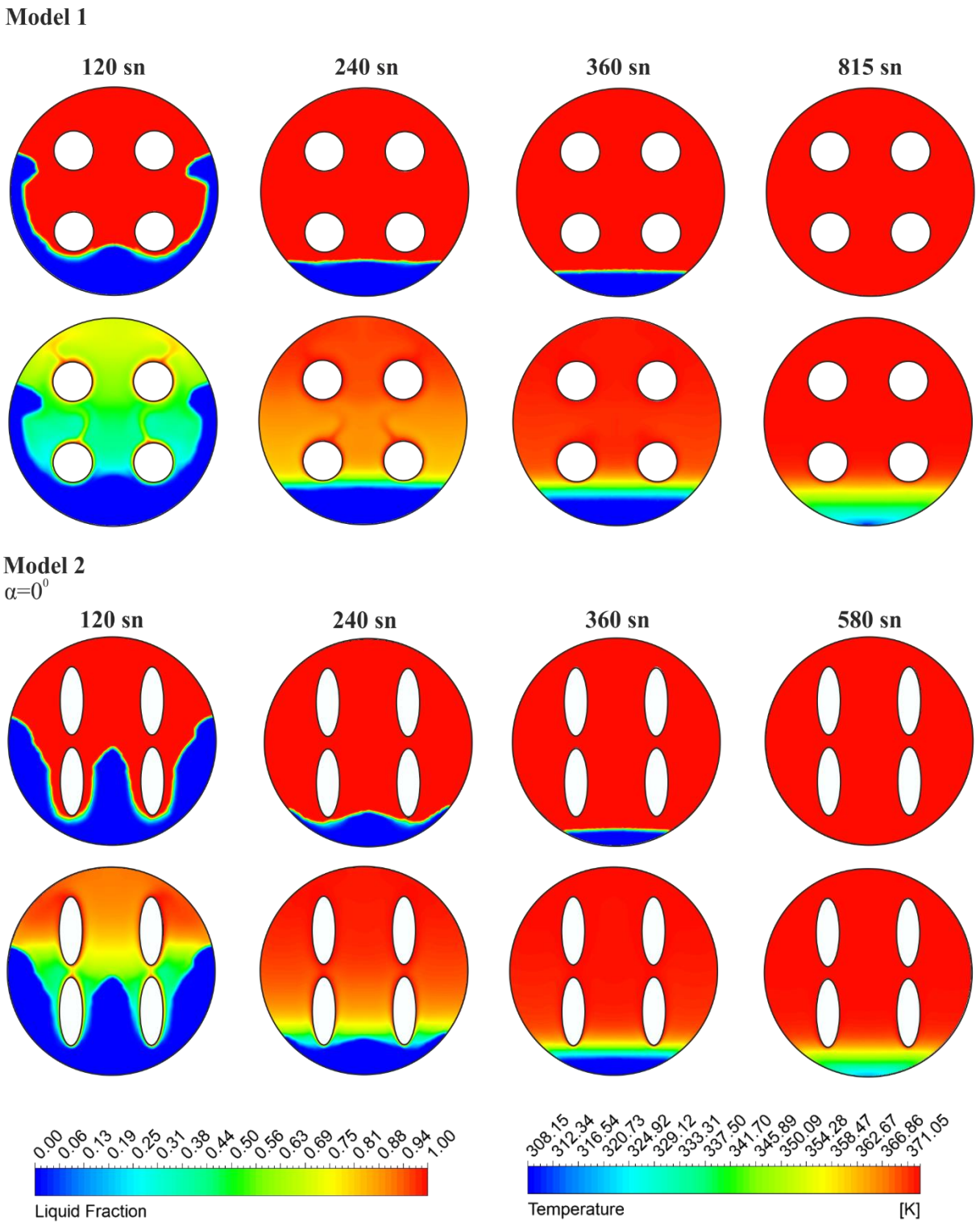
Görsel 4. Doğrulama çalışması ile mevcut çalışmanın erime oranları eğrilerinin karşılaştırılması

Görsel 3'te gösterildiği üzere, a) 0,25 mm'den daha mesh boyutu ve b) 0,15 saniyeden daha küçük zaman adımı için sıvı oranındaki değişiklik ihmal edilebilir düzeydedir. Bu nedenle, analizlerde 0,25 mm'lik bir mesh boyutu ve 0,15 saniyelik bir zaman adımı kullanılmıştır. Görsel 4'te, doğrulama ve yapılan analiz sonuçları arasındaki en yüksek fark %6,5 olarak belirlenmiştir. Bu hata oranı, kullanılan sayısal modelin uygulanabilirliğini doğrulamaktadır.

Görsel 5'te Model 1 ve Model 2'nin; Görsel 6'da Model 3 ve Model 4'ün sayısal analiz sonucu tüm modelleri sıvı oranı ve sıcaklık konturları gösterilmiştir. Her bir modele ait erime konturları yukarıda, sıcaklık konturları ise aşağıda görselleştirilmiştir. Konturlar 12sn, 240 sn, 360 sn ve bitiş sürelerinde verilmiştir. Model 1'de erimenin en geç tamamlandığını görmekteyiz. Bunun sebebini dairenin çevresinin (21,78 mm), elipsin çevresinden (26,73 mm) küçük olması şeklinde açıklanabilir. Model 2-3-4'e bakıldığında erimenin Model 1'e göre daha hızlı olduğu

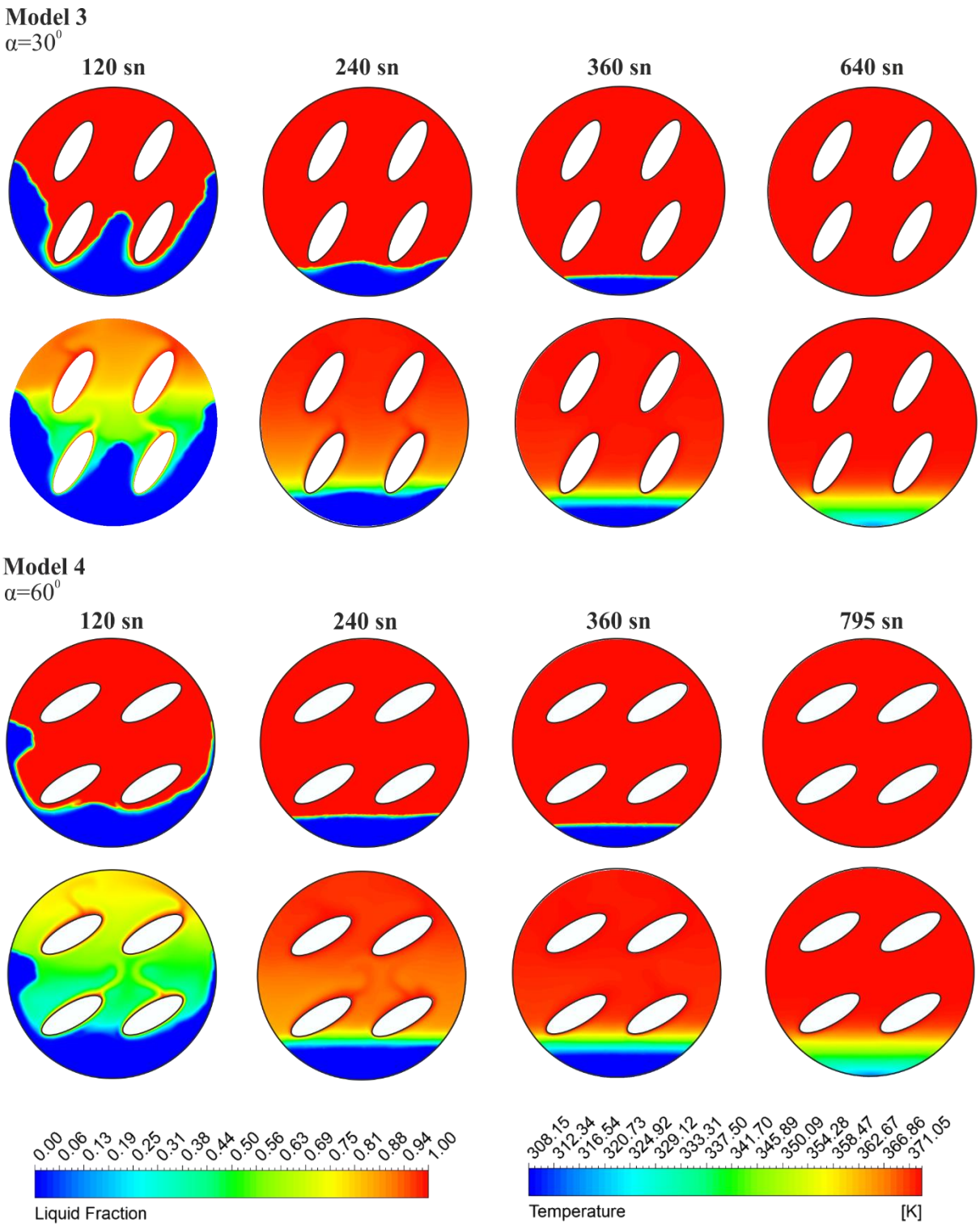
ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

görülmektedir. Bunun sebebi elipsin ısınan çevre uzunluğunun büyük olmasıdır. Elipsin açısal değeri arttıkça %100 erime süresinin arttığı gözlemlenmiştir.



Görsel 5. Model 1 ve Model 2 için sıvı oranı ve sıcaklık konturları

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

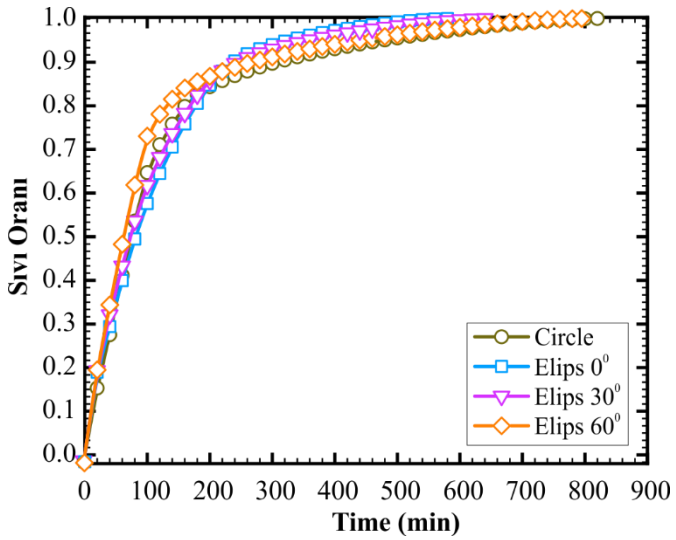


Görsel 6. Model 3 ve Model 4 için sıvı oranı ve sıcaklık konturları

Bunun sebebi elips açısı artmasıyla ısınan yüzeyler, dıştaki büyük dairenin alt kısımlarından uzaklaşmaktadır. Doğal konveksiyonun yukarı yönde olması ve FDM'nin ısıl iletkenliğinin düşük olması aşağıda kalan bölgenin geç erimesine sebep olmaktadır.

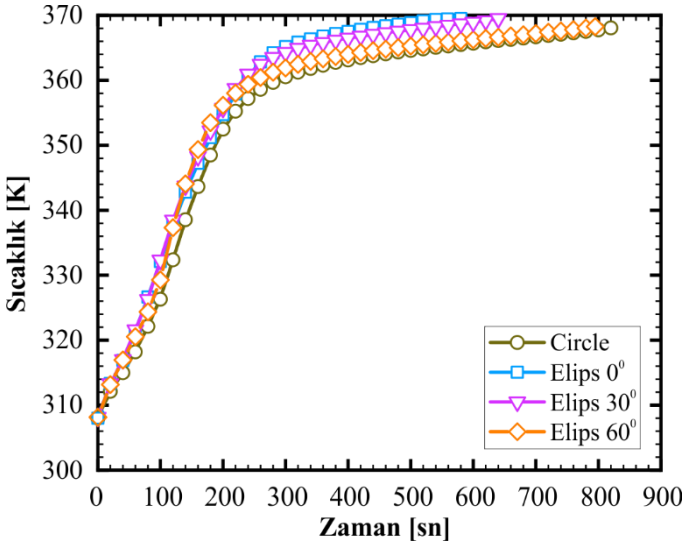
Sıcaklık konturları dönen modeller incelendiğinde 120 sn, 240 sn ve 360 sn için Model 1 hariç diğer modellerde ortalama sıcaklıkların benzer olduğu görülmüştür. Model 1'in diğer modellere

göre düşük olmasının sebebi ısınan yüzey uzunluğunun diğer modellere göre daha küçük olması şeklinde açıklanabilir.



Görsel 7. Tüm Modellerin sıvı oranı grafikleri

Görsel 7'de tüm modellerin zamana bağlı erime eğrileri verilmiştir. En hızlı Model 2'de oluşmuştur. Bunu Model 3, Model 4 ve Model 1 takip etmektedir. Model 4 yaklaşık 200 saniyelere kadar diğer tüm modellerden hızlı erime göstermesine rağmen, tamamen erimesi elipsli diğer modellere göre geç ulaşmıştır. Bunu açısal olarak çevrildikçe elips uç kısmının, dış dairenin alt kısmından uzaklaşması olarak açıklanabilir.



Görsel 8. Tüm Modellerin sıcaklık grafikleri

Görsel 8'de tüm modellerin zamana bağlı sıcaklık değerleri verilmiştir. En yüksek sıcaklığa Model 2 de daha sonra azalan bir şekilde Model 3, Model 4 ve Model 1 de ulaşılmıştır. Elips geometrili modellerde sıcaklığın yüksek olmasının sebebi ısı aktarılan çevre uzunluğunun daha yüksek olmasından dolayı şeklinde açıklanabilir. Açısal değerin artması elipsin sivri kısmının ienerji depolama sisteminin alt kısmından uzaklaşı ve doğal konveksiyon etkisiyle alt kısmın yeterince ısınamaması sebebiyle sıcaklıklardaki azalma açıklanabilir.

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

4. SONUÇLAR VE DEĞERLENDİRME

Bu çalışmada, sabit ve farklı açılarda yerleştirilmiş dört borulu enerji depolama sisteminde FDM'nin erime süreleri incelenmiştir. Çalışmada enerji depolama sistemlerinde kullanılan FDM içerisindeki düşük termal iletkenlik dezavantajını azaltmayı amaçlamaktadır. Bunun için geometrik değişim ve yerleşim yapılarak erime süreçleri incelenmiştir. Sayısal analizler Model 1 ile %100 erime 815 saniye sürerken, Model 2, Model 3 ve Model 4 ile sırası ile 580 saniye, 640 saniye ve 795 saniye erime süreleri elde edilmiştir. Tamamen erime süresindeki en yüksek düşüş Model 2'te olup, Model 1'e göre erime süresinde yaklaşık %21 azalma olmuştur. Pasif yöntemler kullanarak tüm sistemlerde ısıl verimliliğin iyileştirdiği sonucuna varılmıştır.

KAYNAKÇA

14. Bazai, H., Moghimi, M. A., Mohammed, H. I., Babaei-Mahani, R., & Talebizadehsardari, P. (2020). Numerical study of circular-elliptical double-pipe thermal energy storage systems. Journal of Energy Storage, 30, 101440.

15. Mahdi, M. S., Mahood, H. B., Alammar, A. A., & Khadom, A. A. (2021). Numerical investigation of PCM melting using different tube configurations in a shell and tube latent heat thermal storage unit. Thermal Science and Engineering Progress, 25, 101030.

16. Hekmat, M. H., Haghani, M. H. K., Izadpanah, E., & Sadeghi, H. (2022). The influence of energy storage container geometry on the melting and solidification of PCM. *International Communications in Heat and Mass Transfer*, *137*, 106237. Huang, X., Hu, R., Gao, X., Yang, X., & Li, M. J. (2024). Study on melting process of latent heat energy storage system by nano-enhanced phase change material under rotation condition. Applied Thermal Engineering, 247, 123040.

17. Esapour, M., Hosseini, M. J., Ranjbar, A. A., & Bahrampoury, R. (2016). Numerical study on geometrical specifications and operational parameters of multi-tube heat storage systems. *Applied Thermal Engineering*, *109*, 351-363.

18. Dhaidan, N. S., Khodadadi, J. M., Al-Hattab, T. A., & Al-Mashat, S. M. (2013). Experimental and numerical investigation of melting of NePCM inside an annular container under a constant heat flux including the effect of eccentricity. *International Journal of Heat and Mass Transfer*, *67*, 455-468.

19. Kumar, A., Verma, P., & Varshney, L. (2022). An experimental and numerical study on phase change material melting rate enhancement for a horizontal semi-circular shell and tube thermal energy storage system. *Journal of Energy Storage*, *45*, 103734.

20. Mahdi, M. S., Mahood, H. B., Mahdi, J. M., Khadom, A. A., & Campbell, A. N. (2020). Improved PCM melting in a thermal energy storage system of double-pipe helical-coil tube. Energy Conversion and Management, 203, 112238.

21. Alnakeeb, M. A., Salam, M. A. A., & Hassab, M. A. (2021). Eccentricity optimization of an inner flat-tube double-pipe latent-heat thermal energy storage unit. Case Studies in Thermal Engineering, 25, 100969.

22. Kadivar, M. R., Moghimi, M. A., Sapin, P., & Markides, C. N. (2019). Annulus eccentricity optimisation of a phase-change material (PCM) horizontal double-pipe thermal energy store. Journal of Energy Storage, 26, 101030.

23. Yan, P., Fan, W., Yang, Y., Ding, H., Arshad, A., & Wen, C. (2022). Performance enhancement of phase change materials in triplex-tube latent heat energy storage system using novel fin configurations. Applied Energy, 327, 120064.

24. Yang, X. H., Tan, S. C., & Liu, J. (2016). Numerical investigation of the phase change process of low melting point metal. International Journal of Heat and Mass Transfer, 100, 899-907.

25. Seddegh, S., Wang, X., & Henderson, A. D. (2015). Numerical investigation of heat transfer mechanism in a vertical shell and tube latent heat energy storage system. Applied thermal engineering, 87, 698-706.

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

NEREDEYSE SIFIR ENERJİLİ BİNA İÇİN YENİLENEBİLİR ENERJİ UYGULAMALARI

Arş. Gör. Gizem Gül KATIRCIOĞLU
Fırat Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makine Mühendisliği
ggkatircioglu@firat.edu.tr- 0000-0003-1015-9392
Doç. Dr. Mehmet DAŞ
Fırat Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makine Mühendisliği
m.das@firat.edu.tr -0000-0002-4143-9226
Prof. Dr. Ebru AKPINAR
Fırat Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makine Mühendisliği
ebruakpinar@firat.edu.tr -0000-0003-0666-9189

ÖZET
Artan enerji ihtiyacıyla birlikte, binalarda enerjinin etkin bir şekilde kullanılması ve yenilenebilir enerji teknolojilerinin entegrasyonu giderek daha önemli hale gelmektedir. Bina üretim süreci, çok sayıda aktörü, karar alma aşamalarını ve ölçütleri içeren, nicel ile nitel verilerin bir arada yer aldığı karmaşık bir yapıya sahiptir. Bu sürecin gerekliliklerine bağlı olarak, doğru kararlar almayı gerektirir. Bu çalışmanın amacı, neredeyse sıfır enerjili binalarda uygulanabilecek yenilenebilir enerji çözümlerinin belirlenmesi ve belirlenen çözümlerin detaylı bir şekilde açıklanmasıdır.
Anahtar Kelimeler: Yenilenebilir enerji, sıfır enerjili bina, enerji tüketimi.

1. GİRİŞ

Enerji talebi ve doğal kaynak tüketimi, nüfus artışı, sanayileşme ve kentleşme gibi etkenlerle giderek artış göstermektedir. Enerji ihtiyacının çevreye zararlı fosil yakıtlar ile karşılanması ve bilinçsiz enerji tüketimi, yenilenemeyen kaynakların hızla tükenmesine, iklim değişikliğine ve doğal çevrenin tahrip olmasına neden olmaktadır. İnsanlığı tehdit eden bu ciddi çevre sorunlarına bir çözüm olarak, petrol, kömür, doğal gaz ve nükleer enerji gibi yenilenemeyen kaynaklara alternatif çevre dostu yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı, günümüzün en önemli meselelerinden biri haline gelmiştir. Dünya, Ekim 2021'den itibaren ciddi bir küresel enerji krizinin etkilerini hissetmeye başlamıştır [1]. 2022 yılı boyunca enerji fiyatları, 2008'den bu yana en yüksek seviyelere ulaşmıştır [2].
Uluslararası Enerji Ajansı, 2022'de artan elektrik fiyatlarının yüksek fosil yakıt fiyatlarından kaynaklandığını belirtti. Bu yıl, dünya genelinde enerji krizinin etkileriyle şekillenirken, farklı sektörler yenilenebilir enerji kaynaklarını daha hızlı ve uygun fiyatlarla temin ederek kullanımını artırdı [3-5].
Enerji sektöründe geliştirilen yeni politikalar ve temiz enerji teknolojilerine yapılan yatırımlar enerji verimliliğini teşvik etmektedir. Sorunlarla başa çıkmada büyük bir potansiyel sunmakla

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

birlikte, sektörler arası stratejiler farklılık gösterebilir. Yapılan araştırmalar, binaların enerji tüketiminde önemli bir rol oynadığını ortaya koymaktadır [6].

Bina üretimi sürdürülebilir çözümler gerektirirken, enerji kullanımıyla çevresel sorunlar arasındaki ilişki dikkate alınmalıdır. 2021`de, fosil yakıtların binalarda ısı üretimi için kullanımı enerji kaynaklı karbondioksit emisyonlarının %8'ini oluşturdu. Binalarda elektrik ve ısı üretimi, sıcak su sağlanması, termal konfor ve elektrikli cihazların işletilmesi toplam emisyonların 78' ini oluşturur [8,9]. Yaşam alanlarımızın sürdürülebilirliği ve gelecek nesillere aktarımı için doğal kaynakların korunması ve ekolojik dengenin sağlanması büyük bir önem taşımaktadır [10,11]. Günümüzde çevresel durumlar, iklim değişikliği ve enerji krizi, sürdürülebilirliğin sağlanması açısından çözüm bekleyen en kritik sorunlar arasında yer almaktadır. Doğal kaynakların aşırı kullanımı ve çevre kirliliği ile ilgili gerekli önlemlerin hem küresel hem de yerel düzeyde alınmaması durumunda, gelecekteki nesillere kaynakları tükenmiş ve kirli bir dünya miras kalacaktır [12]. Bu çerçevede, 2021 yılında küresel enerji tüketiminin %30' undan ve sera gazı emisyonlarının üçte birinden fazlasından sorumlu olan binalar, yapı üretimi sektörünün öncelikli alanlarından biri haline gelmiştir [13].2021 Küresel Durum Raporu'na göre, binalar ve inşaat sektörü, bina üretim endüstrisinin enerji tüketiminin %36'sını ve enerjiyle bağlantılı karbondioksit emisyonlarının %37'sini oluşturduğunu ortaya koymaktadır [5].

Dünya genelinde bina taban alanının 2050 yılına kadar 415 milyar metrekarenin (m^2) üzerine çıkması ve enerji talebinin potansiyel olarak artması öngörülmektedir [15]. Bu çerçevede, küresel ortalama sıcaklık artışının 2 ^{0}C' nin oldukça altında ve 1,5 ^{0}C' ye mümkün olduğunca yakın bir seviyede tutulması, önümüzdeki 30 yıl içinde bina kaynaklı karbondioksit emisyonlarının %85 oranında azaltılmasını zorunlu kılmaktadır [16]. Binaların enerji taleplerinin artması ve bina kaynaklı emisyonların yükselmesi gibi sorunlar, 2030'dan itibaren inşa edilecek tüm yeni binaların sıfır enerjili olmasını zorunlu kılmaktadır [17]. Asgari performans standartları ve bina enerji mevzuatları giderek genişlemekte ve iyileşmektedir; bu durum, binalarda daha verimli ve Yenilenebilir Enerji Teknolojileri' nin (YET) kullanımının artmasını sağlamaktadır. Ancak, bina sektörünün 2050 yılına kadar Net Sıfır Emisyon Senaryosuna uyum sağlaması için daha hızlı bir dönüşüm gerektiği açıktır [18]. Özellikle, 2030 yılına kadar tüm yeni yapıların ve mevcut bina envanterinin %20' sinin sıfır karbon standartlarına uyum sağlaması büyük bir öncelik taşımaktadır [19].

İklim değişikliği ve çevre kirliliği gibi konuları ele almak için, sürdürülebilirlik hedeflerine odaklanarak enerji verimliliği yüksek, yenilenemeyen enerji kaynaklarına bağımlılığı azaltan ve kendi enerjisini üretebilen sürdürülebilir binaların inşası önemlidir. Bu sayede, yenilenemeyen enerji kaynaklarının kullanımını azaltarak iklim değişikliği ve çevre sorunlarıyla başa çıkmak mümkün hale gelebilir [21,22].

Yenilenebilir enerji politikalarının yürütülmesi, yenilenemez enerji kaynaklarının azaltılması ve yenilenebilir enerji kaynaklarının binalarda daha fazla kullanılmasıyla ilgilidir. Ülkelerin karbondioksit emisyonlarını azaltmak için yenilenebilir enerji kaynaklarına bağlılıklarını artırmaları önemlidir. Cooke ve diğerleri, YET' in bina tasarımlarına dahil edilmesinin bu hedefe ulaşmanın bir yolu olduğunu belirtmişlerdir. Yenilenebilir enerji kullanımının önemi, yenilenemez kaynakların tükenmesi ile daha da belirgin hale gelmektedir. Ancak, Türkiye'de YET kullanımıyla ilgili bazı uygulama sorunları mevcuttur [23-25].

Yapı Enerji Teknolojileri' nin kullanımı, bina inşaatında sorumluların tercihine bağlıdır. Binalarda yenilenebilir enerji teknolojilerinin kullanımı, sürdürülebilir kalkınma ve çevre politikalarının yürütülmesinde kritik bir rol oynamaktadır. Bu teknolojiler, toplumsal, ekonomik ve çevresel faydalar sağlayarak genel yaşam kalitesini artırır. Yenilenebilir enerji kaynaklarının tercih edilmesi, karbon emisyonlarının azaltılması ve sürdürülebilirlik hedeflerinin gerçekleştirilmesine önemli bir katkı sağlar [23-25].
Bu sebeplerle YET kullanımı ve neredeyse sıfır enerjili binalara yönelik bilimsel temellerin, yöntemlerin ve araçların geliştirilmesi gerekli hale gelmektedir. Bu çalışmada daha önce yapılan çalışmalar detaylı olarak incelenmiş ve gelecek çalışmalarda önem verilmesi gereken bölümler belirlenmiştir.

2. SIFIR ENERJİLİ BİNA

Sıfır enerjili evlerin temel amacı, içinde yaşayanların konforlu bir yaşam sürmelerini sağlamanın yanı sıra, bu yaşamı doğal yöntemlerle ısıtma ve soğutma gerçekleştirerek enerji tüketimini en aza indirmektir. Bu tür yapılar, günümüz standartlarına göre enerji kullanımında ısıtma ve soğutma alanlarında %70'e varan tasarruf imkanı sunmaktadır.
Güneş panelleriyle elde ettiğimiz enerji, bir evin günlük ihtiyaçlarını karşılamanın yanı sıra, fazla enerjiyi elektrik dağıtım şirketlerine satma imkanı da sunmaktadır. Örnek bir sıfır enerjili bina tasarımı Görsel 1'de gösterilmiştir.



Görsel 1. Sıfır Enerjili Bina Tasarım Görüntüsü

Günümüzde ısınmanın doğalgaz, kömür, odun veya klima gibi enerji kaynaklarıyla sağlandığı düşünüldüğünde, binalarda güneş panellerinin ürettiği enerji kullanarak, dış yalıtımın düzgün bir şekilde yapılması ve evin kış ile yaz cephelerinin doğru bir biçimde ayarlanması sağlıklı ve çok daha düşük maliyetli bir ısınma imkanı sunmaktadır. Ayrıca, güneş enerjisiyle sıcak su temini, çatıya veya güneş ışığını doğrudan alan alanlara yerleştirilen su güneş enerjisi sistemleri aracılığıyla tamamen ücretsiz bir şekilde gerçekleştirilebilir.

2016 yılında Avrupa Birliği tarafından yayımlanan Binalarda Enerji Performansının Değerlendirilmesine dair 2010/31/AB Yönergesi ile Avrupa Birliği'ne üye ülkeler, 2020 yılına kadar konutlarda enerji verimliliğini artırmak ve iyileştirmeler yapmakla yükümlü hale gelmiştir. Bu hedef doğrultusunda Avrupa Birliği, 2020 yılına kadar neredeyse tüm evlerin sıfır enerji tüketimine ulaşmasını sağlamakta ve böylece dünya genelindeki enerji tüketimini azaltmayı amaçlamaktadır. Ayrıca, 2030' da sera gazı emisyonlarını %30 oranında azaltmayı hedeflemektedir [26].

Evlerde harcanan enerjinin %20' si elektrikli ev aletleri tarafından tüketilirken, geri kalan %80' i ısıtma, soğutma ve diğer mevsimsel ihtiyaçlar aracılığıyla sağlanmaktadır [27].

Aşağıda bazı yapılan çalışmaların sonuçları paylaşılmıştır.

Bugüne kadar gerçekleştirilen çalışmalar, yalıtımlı dış cephe tasarımının yalıtımsız dış cephe tasarımlarına kıyasla enerji verimliliği açısından oldukça önemli bir ilerleme kaydettiğini göstermiştir. Yalıtımlı ev tasarımının ideal ev tasarımıyla karşılaştırıldığında, %31 oranında bir ısı tasarrufu sağlandığı tespit edilmiştir [28].

Aydınlatma sistemlerinde verimsiz ampuller yerine tasarruflu ampuller kullanılması, enerji tasarrufunda %80 gibi önemli bir iyileşme sağlayabilmektedir. Ayrıca, Low-E ısı kontrol camları üzerine yapılan araştırmalar, bu sistemin enerji verimliliğini %7 oranında artırdığını göstermektedir. Bir evin yıllık enerji tüketimi incelendiğinde, ısıtma ve soğutma için ortalama 10. 500 kWh, sıcak su için 1. 500 kWh, aydınlatma için 503 kWh ve diğer elektrikli ev aletleri için de 2. 908 kWh harcama yapıldığı görülmektedir [29]. Cam sistemlerinin enerji yükü üzerindeki etkisi incelenmiştir. Yaz dönemi soğutma yük profili incelenerek, mevcut durum ve alternatif senaryolar doğrultusunda, soğutma ve ısıtma sezonlarının enerji performansları eş zamanlı olarak değerlendirilmiştir. Yapılan çalışmalar ve hesaplamalar sonucunda, yalıtımlı durumun enerji ihtiyacının, yalıtımsız duruma göre %16 daha az olduğu tespit edilmiştir [30].

Çizelge 1'de bir evin yıllık ortalama enerji ihtiyacı ve bu tüketimin yapıldığı farklı kullanım alanları verilmiştir. Normal standartlardaki bir evin ortalama enerji tüketimi 15.411 kWh 'dir. Enerjinin en fazla tüketildiği alan ısıtma ve soğutma sistemleridir.

Çizelge 1. Bir Evin Enerji Tüketiminin Kullanım Alanları

	Tüketilen Enerji (kWh)	Enerji Dağılımı (%)
Isıtma- Soğutma	10.500	68.2
Sıcak Su	1.500	9.7
Elektriksel Cihazlar	503	3.2
Aydınlatma	2.908	18.9
Toplam İhtiyaç	15.411	100

Çizelge 2, sıfır enerji yapısı bileşenlerinin evin enerji tüketimi üzerinde doğrudan bir etkiye sahip olduğunu göstermektedir. Örneğin, toprak kaynaklı ısı kollektörü sistemlerinin boruları belirli bir derinliğe, genellikle 10-15 metre arasında, yerleştirilmektedir. Bu derinlikte yıl boyunca sıcaklık değerleri sabit kalır. Toprak kaynaklı ısı kollektörü sistemi, bu sıcaklığı hem

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

yaz hem de kış aylarında evin içerisine taşır; böylece kullanıcının ısınma veya soğutma için harcadığı enerjiden tasarruf etmesine yardımcı olmaktadır [31].

Çizelge 2. Sıfır Enerji Bileşenlerinin Ev Verimliliği Üzerindeki Etkisi [31]

<table>
<tr><th></th><th>Enerji Tasarrufu</th><th>Normal Yalıtım</th><th>0 Enerji Sistemi</th></tr>
<tr><td>+ Trombe Duvar
+TS-825 Isı yalıtımı
+ Low-E Isı Camları
+ TKIP</td><td>%31
%16
%7
%43</td><td>Isıtma - Soğutma
10.500 kWh</td><td>4734,9 kWh</td></tr>
<tr><td>Verimli Ampül</td><td>% 80</td><td>503 kWh</td><td>100,6 kWh</td></tr>
<tr><td>Elektriksel Cihazlar</td><td>-</td><td>2.908 kWh</td><td>2.908 kWh</td></tr>
<tr><td>Sıcak Su Sistemleri</td><td>% 50</td><td>1.500 kWh</td><td>750 kWh</td></tr>
<tr><td>Toplam Kazanç</td><td>% 44,88</td><td>15.411 kWh</td><td>8.493,5 kWh</td></tr>
</table>

3. YENİLENEBİLİR ENERJİ TEKNOLOJİLERİ İLE İLGİLİ ÇALIŞMALAR

1980'li yıllardan itibaren, doğal çevrenin korunması ve iklim değişikliği ile mücadele konularında dünya genelinde yürütülen çalışmalar sonucunda, 1992' de Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi (BMİDÇS), 1997' de Kyoto Protokolü (KP) ve 2015' te de Paris Anlaşması (PA) ortaya çıkmıştır. Son zamanlarda gerçekleştirilen enerji krizi çerçevesinde, Avrupa Birliği'nin hayata geçirdiği RePowerEU projesi ve Amerika Birleşik Devletleri'nde kabul edilen Enflasyonu Düşürme Yasası, enerji verimliliğinin önemini vurgulayan önemli adımlar olarak değerlendirilmekte. Bu projeler, temiz enerji kaynaklarının desteklenmesi ve fosil yakıta olan bağımlılığın azaltılması hedeflerini içermektedir [32,33].

Bu çalışmalar, temiz enerji desteklerini ve fosil yakıta bağımlılığın azaltılması hedeflerini kapsamaktadır. Uluslararası Yenilenebilir Enerji Ajansı (IRENA), 2050 yılına gelindiğinde birçok ülkenin toplam nihai enerji tüketiminin %60'ını veya daha fazlasını yenilenebilir enerji kaynaklarının oluşturabileceğini öne sürmüştür [34]. Fosil yakıtların, çevrenin korunması ve sürdürülebilir bir gelecek için yenilenebilir enerji kaynaklarıyla değiştirilmesi son derece önemlidir.

ETKB 2022 yılında Türkiye Ulusal Enerji Planı doğrultusunda, elektrik tüketiminin 2025 yılında 380,2 TWh, 2030 yılında 455,3 TWh ve 2035 yılında ise 510,5 TWh seviyelerine ulaşması beklenmektedir. 2022 yılında Türkiye'nin elektrik tüketimi, 2021 yılına göre %0,5 azalarak 331,1 TWh; elektrik üretimi ise %1,9 düşüş göstererek 328,3 TWh olarak kaydedilmiştir. 2023 yılı Eylül ayı itibarıyla Türkiye'nin Kurulu gücü 105. 668 MW seviyesindedir. ETKB' nin 2023 verilerine göre, 2022 yılı elektrik üretim yüzdeleri ile 2023 yılı Eylül ayı sonu itibarıyla kurulu gücün kaynaklara göre dağılımı ve elektrik enerjisi üretim santrali sayıları Çizelge 3' te sunulmuştur [35]. Aynı zamanda, elektrik enerjisi üretim santrali

sayısının 2023 yılının Eylül ayı itibarıyla toplamda 12. 562 olduğu tespit edilmiştir; bu rakama lisanssız santraller de dahildir.

Çizelge 3. Türkiye'de Elektrik Üretim Yüzdeleri, Kurulu Gücün Kaynaklara Göre Dağılımı Ve Elektrik Enerjisi Üretim Santrali Sayıları [35].

Enerji	Elektrik üretimi	Kurulu Güç (WM)	Mevcut santraller
	2022	2023 105.668 MW	2023 12.562 adet
Kömür	%34,6	%20,6	68
Doğal gaz	%22,9	%24	343
Hidrolik	%20,3	%29,9	753
Rüzgar	%10,6	%11	363
Güneş	%5,1	%10,3	10.479
Jeotermal	%3,4	%1,6	63
Diğer	%3	%2,6	493

ETKB' nin yenilenebilir enerji verilerine göre, 2022 Haziran itibariyle, güneş, rüzgar, jeotermal, hidrojen ve biyokütle enerjisinin Türkiye'de yıllara göre kurulu güç değişimi ve toplam kurulu güç içerisindeki oranı Çizelge 4' te verilmiştir [35].

Çizelge 4. Türkiye'de Yenilenebilir Enerjilerin Yıllara Göre Kurulu Güç Değişimi Ve Toplam Kurulu Güç İçerisindeki Oranı [35]

Enerji	Yıl	Kurulu Güç (WM)	Toplam kurulu güç içerisindeki oranı
Güneş	2011	0	%0,00
	2022	8.479	%8,35
Rüzgar	2011	1.729	%3,96
	2022	10.976	%10,81
Jeotermal	2011	114	%0,22
	2022	1.686	%1,66
Hidrojen	2011	6.516	%7,65
	2022	7.005	%7,91
Biyokütle	2011	115	%0,22
	2022	2.172	%2,14

3.1. Türkiye'de Binalara Yönelik Yenilenebilir Enerji Çalışmaları

Bina sektörü, 2020 yılında küresel nihai enerji tüketiminin yaklaşık %33'ünü kapsamaktadır. Bu sektörün enerji ihtiyacının ise yaklaşık %15,5'i yenilenebilir enerji kaynaklarından karşılanmıştır [36].

Uluslararası Enerji Ajansı (IEA), tüm binaların 2050 yılına kadar sıfır enerji ve sıfır karbon standartlarına yönelik yenilenebilir enerji stratejilerine sahip olmasını beklemektedir [5]. Hem

küresel ölçekte hem AB çerçevesinde yapılan çalışmalar ile uyumlanma sürecinde, Türkiye'de binaları kapsayan çalışmalar Çizelge 5' te gösterilmiştir.

Çizelge 5. Türkiye'de Binalarda Enerji Verimliliği Politikaları Süreci

		Türkiye'de Binalarda Enerji Verimliliği Politikaları Süreci
Yıl	**Sayı**	**Yönetmelik**
1999	23725	Isı Yalıtım Yönetmeliği Çalışmaları
2008	27019	Isı Yalıtım Yönetmeliği
2007	26510	Enerji Verimliliği Kanunu
2008	27075	Binalarda Enerji Performans Yönetmeliği
2010	27539	Binalarda Enerji Performans Yönetmeliği- Değişiklik
2010	27627	Binalarda Enerji Performans Yönetmeliği- Değişiklik
2011	27851	Binalarda Enerji Performans Yönetmeliği- Değişiklik
2011	27911	Binalarda Enerji Performans Yönetmeliği- Değişiklik
2017	30051	Binalar ile Yerleşmeler İçin Yeşil Sertifika Yönetmeliği- Değişiklik
2018	30289	Ulusal Enerji Verimliliği Eylem Planı 2017-2023
2022	31755	Binalarda Enerji Performans Yönetmeliği- Değişiklik

3.2. Yenilenebilir Enerji Teknolojilerinin Binalarda Kullanılması

Yenilenemez kaynakların tükenmesi, binalarda yenilenebilir enerji kullanımının önemini gözler önüne sermektedir. Artık, binaların enerji ihtiyaçlarının bir kısmını karşılamak için yenilenebilir enerji sistemlerinin kullanımı giderek daha yaygın hale gelmektedir. Yenilenemez kaynaklar üzerindeki baskıyı azaltmak için, dünya genelinde yenilenebilir kaynakların etkin bir şekilde kullanılması büyük bir fırsat sunmaktadır.

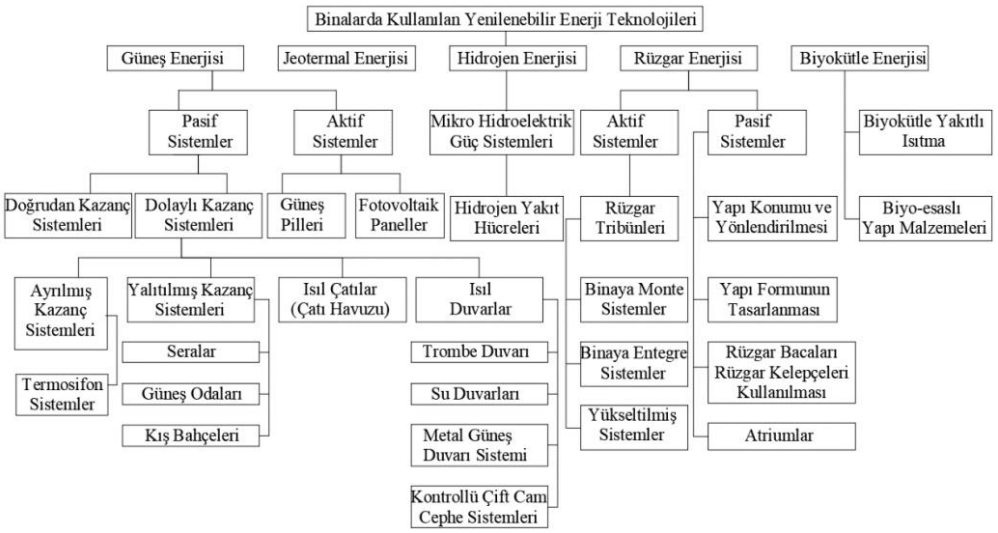
Bir binanın elektrik ihtiyacını karşılamak amacıyla yenilenebilir enerji teknolojilerinin (YET) kullanılmasının, geleneksel enerji tüketiminin azaltılmasında önemli bir rol oynadığı açıktır [37]. Avrupa Birliği, 2023-2027 döneminde fosil yakıt ithalatını kademeli olarak durdurmayı ve 2025 yılı itibarıyla tüm kamu binalarının çatılarına fotovoltaik (PV) sistemler kurmayı hedeflemektedir.

Çin, tüm yeni kamu binaları ve fabrikalar için yerinde yenilenebilir enerji uygulamalarını teşvik ederek 50 GW güneş PV gücü kurulum hedefi belirlemiştir. Yenilenebilir enerji, ülkedeki bina enerji tüketiminin yaklaşık %20' sini karşılamaktadır [38]. Ancak, binalarda elektrik üretimi, ısıtma, soğutma ve havalandırma gibi amaçlarla kullanılabilir. YET 'in binalarda uygulanabilmesi için çeşitli yöntemler mevcuttur. Yerinde enerji üretimi sayesinde YET, bina enerji ihtiyaçlarını karşılamada sürdürülebilir çözümler sunmaktadır. YET 'in binalarda kullanımı, yerel enerji üretimini destekleyerek enerji bağımlılığını azaltır, çevre koruma çabalarına katkıda bulunur, doğal kaynakların tükenmesini engeller ve sürdürülebilir bir enerji kaynağı sunar [39-41]. Binalarda Enerji Performansı Yönetmeliği'ne göre, yenilenebilir enerji, hidrolik, rüzgar, güneş, jeotermal, biyokütle, biyogaz, dalga, akıntı ve gel-git gibi fosil olmayan

enerji kaynaklarından elde edilen enerji türlerini ifade etmektedir [42]. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı'na (ETKB) göre, yenilenebilir enerji çeşitleri arasında güneş enerjisi, rüzgar enerjisi, jeotermal enerji, hidrolik enerji, biyokütle enerjisi, nükleer enerji, dalga enerjisi ve gel-git enerjisi yer almaktadır.

Kara ve Akın, yenilenebilir enerji kaynaklarını güneş, rüzgâr, hidroelektrik, biyokütle ve jeotermal enerjiler şeklinde sınıflandırmıştır. Binalarda kullanılabilecek yenilenebilir enerji teknolojilerine örnek olarak ise güneş enerjili elektrik sistemleri (fotovoltaik PV), güneş enerjili sıcak su sistemleri (kullanım suyu ısıtma ve alan ısıtma), güneş enerjili havalandırma ve ön ısıtma sistemleri, jeotermal ısı pompaları, rüzgâr türbinleri ve biyokütle sistemleri verilebilir [43,44]. Ma ve arkadaşları, binalarda kullanılan yenilenebilir enerji teknolojilerini çeşitli kategorilere ayırmıştır. Bu kategoriler arasında rüzgar enerjisi (binaya monte, binaya entegre ve bina dışı sistemler), güneş enerjisi (aktif ve pasif sistemler), jeotermal enerji, biyokütle (biyokütle yakıtlı ısıtma ve biyobazlı bina malzemeleri) ve diğer alternatif kaynaklar (mikro hidrogüç sistemleri, hidrojen hücreleri) yer almaktadır [45]. Güneş, rüzgar, hidrojen, jeotermal ve biyokütle gibi yenilenebilir enerji teknolojileri Görsel 2' de gösterildiği gibi, elektrik ve ısıtma-soğutma taleplerini karşılamak için binalara entegre edilebilmektedir [44-46].

Görsel 2. Binalarda Kullanılan Yenilenebilir Enerji Teknolojileri[43-45]



3.2.1. Güneş Enerjisi

Güneş enerjisi, güneşin çekirdeğinde hidrojen gazının helyuma dönüşmesi süreciyle ortaya çıkan bir enerji kaynağıdır. Bu enerji, çevreye zarar vermemesi ve zararlı atık üretmemesi ile dikkat çeker. Düşük maliyetli, kullanımı ve uygulanması kolay olan güneş enerjisi, tükenmeyen bir yenilenebilir kaynak olarak da önemli bir tercih sunmaktadır [47]. Güneş enerjisi üzerine yapılan çalışmalar, 1970'lerden itibaren hız kazanmış; bu süreçte güneş enerjisi sistemlerinin teknolojisi ilerlemiş ve maliyetleri düşmüştür.

3.2.1.1. Güneş Enerjisinin Kullanım Alanları

Güneş enerjisi teknolojileri, yöntem, malzeme ve teknolojik sistemler açısından geniş bir çeşitlilik sunmaktadır. Bu teknolojiler, güneş enerjisini doğrudan ışık veya ısı enerjisi olarak kullanmanın yanı sıra, fotovoltaik sistemler gibi aktif yöntemler aracılığıyla güneş ışığını elektriğe dönüştürerek elektrik üretiminde de kullanılmaktadır [48].

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

Güneş enerjisinin kullanım alanları oldukça geniştir. Doğrudan veya dolaylı olarak elektrik üretimi, sıcak su teknolojileri, ısıtma ve soğutma sistemleri, sanayi süreçlerinde kullanılan ısıl enerji ve sera ısıtması bu alanlar arasında yer almaktadır. "Yerinde üret, yerinde tüket" anlayışı çerçevesinde, binaların çatı ve cephelerinde güneş enerjisi teknolojileri kullanılarak enerji ihtiyacı karşılanabilir [49].

Güneş enerjisi sistemleri, binaların ısıtma, soğutma, elektrik ve aydınlatma ihtiyaçlarını karşılamak üzere son derece uyumlu bir şekilde uygulanabilir. Güneş enerjisi termal kollektörleri ve fotovoltaik paneller, evler, oteller ve spor merkezleri gibi yapıların cepheleri ile yatay veya eğimli çatıları üzerinde başarıyla kullanılmaktadır. Bu sayede, binalarda fotovoltaik hücreler, güneş enerjili su ısıtıcıları ve güneş destekli iklimlendirme sistemleri aracılığıyla güneş enerjisinden etkin bir şekilde faydalanmak mümkündür [49-51].

Binalarda kullanılabilecek güneş enerji teknolojileri Çizelge 6'daki gibi sınıflandırılmaktadır.

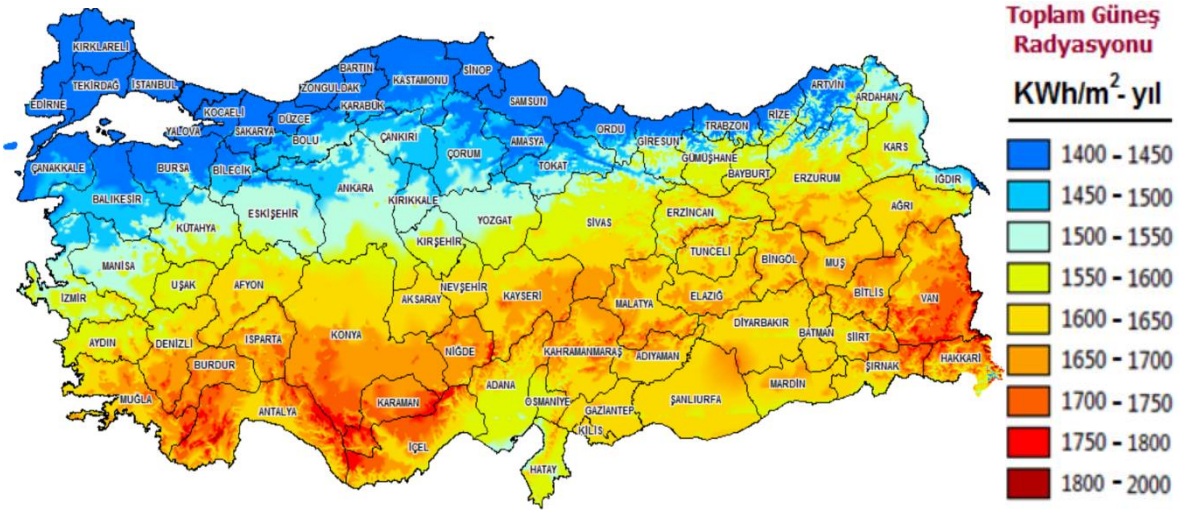
Çizelge 6. Güneş Enerji Teknolojilerinin Bina Kullanım Alanları

Kullanım Alanı	Kullanıldığı Yer
Elektrik üretimi	•Genellikle çatıya monte edilen güneş panellerini kullanarak doğrudan güneşten elektrik üreten çatı üstü fotovoltaik (PV) sistemler •Çatıda, duvarlarda ve hatta bazı durumlarda pencerelerde (şeffaf paneller kullanarak) binaya entegre edilmiş güneş panellerini kullanarak doğrudan güneşten elektrik üreten entegre PV sistemler
Sıcak su sistemleri	•Suyu doğrudan güneşten ısıtan güneş enerjisi sistemleri •Havadan, sudan veya zeminden gelen sıcaklığı kullanarak suyu ısıtan ısı pompaları
Solar ısıtma ve soğutma sistemleri	•Güneşin ısısını soğutma ve / veya nem alma işlemlerini yürütmek için kullanan güneş termal soğutma •Çevredeki havadan, sudan veya yerden ısı çeken ve artıran ısı pompaları gibi güneş enerjisiyle ısıtma sistemleri •Binaları 'aktif' ısıtma ve soğutma sistemlerine ihtiyaç duymadan doğal olarak ısıtan veya soğutan 'pasif' güneş enerjisi tasarım çözümleri

3.2.1.2. Türkiye Güneş Enerjisi Potansiyeli

Türkiye, güneş enerjisi potansiyeli açısından oldukça elverişli bir coğrafi konuma sahiptir. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı (ETKB) tarafından hazırlanan Türkiye Güneş Enerjisi Potansiyeli Atlası (GEPA) verilerine göre, ülkemizde ortalama yıllık toplam güneşlenme süresi 2. 741 saattir ve ortalama yıllık toplam ışınım değeri ise 1. 527,46 kWh/m² olarak belirlenmiştir. GEPA' nın Türkiye'nin güneş enerji potansiyelini ve aylık ortalama küresel radyasyon dağılımını gösteren görseli, Görsel 3' te yer almaktadır [52].

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



Görsel 3. Türkiye Güneş Enerjisi Potansiyeli Haritası [52]

Türkiye'de güneş enerjisi yatırımı için değerlendirilebilecek çatı alanları Çizelge 7' de gruplandırılmıştır [52].

Çizelge 7. Türkiye'de Güneş Enerjisi Yatırımı İçin Değerlendirilebilecek Çatı Alanları [52]

Türkiye'de güneş enerjisi yatırımı için değerlendirilebilecek çatı alanları	
Konutlar- müstakil evler	Alışveriş merkezleri
Yazlık müstakil yeni evler	Kıyı şeridindeki turistik tesisler
Site ve apartman çatıları	Oteller
Kentsel dönüşüm kapsamında yeni yapılar	Ticarethaneler (depo, lojistik merkezi vb)
Otoparklar	Kamu binaları
Petrol istasyonları	Askeri tesisler
Kapalı pazar yerleri	Okullar
Büfeler	Havaalanı tesisleri
Fabrika çatıları	İbadethaneler
Stadyumlar ve spor salonları	Tarımsal işletmeler
Ahır ve kümes çatıları	Otobüs durakları

3.2.2. Rüzgar Enerjisi

Rüzgarın temel kaynağı güneştir. Güneşten gelen radyasyon, yer kürede homojen bir ısınma sağlamadığı için, farklı sıcaklık, basınç ve nem değerlerinin ortaya çıkmasına yol açar; bu da rüzgarların oluşumunu tetikler. Rüzgarın özellikleri ise zamanla, coğrafi farklılıklarla ve yeryüzünün farklı ısınma şekilleriyle değişiklik göstermektedir. Rüzgar, hız ve yön parametreleri ile tanımlanır; ayrıca rüzgar hızı, yükseklik ile artmakta ve bu durum teorik gücün de hızla bağlantılı olarak değişmesine neden olmaktadır [53].

Rüzgar enerjisi teknolojilerinin avantajları ve dezavantajları Çizelge 8'de maddeler halinde özetlenmiştir.

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

Çizelge 8. Rüzgar Enerjisi

Rüzgar Enejisi	
Avantajları	**Dezavantajları**
Çevre dostu, temiz ve yenilenebilir enerji kaynağı olması	Yüksek ilk yatırım maliyeti
Maliyetinin diğer enerji teknolojileriyle rekabete uygun olması	Sabit enerji üretimi yapılamaması
Düşük bakım, onarım ve kullanım maliyetleri	Düşük kapasite faktörüdür
Teknolojik olarak uygulama ve kullanım kolaylığı, kısa süreli uygulama ve kurulum	

3.2.2.1. Rüzgar Enerjisi Kullanım Alanları

Rüzgar enerjisi, binalarda aktif ve pasif sistemlerle havalandırma, soğutma ve elektrik enerjisi üretimi gibi çeşitli amaçlarla kullanılabilir. Elektrik enerjisi üretiminde kullanılan rüzgar türbinleri, hareket halindeki havanın kinetik enerjisini önce mekanik enerjiye, ardından da elektrik enerjisine dönüştüren makinelerdir [53].

İngiltere, İsveç, Hollanda ve diğer gelişmiş ülkeler, 2001 yılından bu yana şehirlerde ve yüksek binalarda, rüzgar enerjisi üretimine ilişkin araştırma ve uygulamaları teşvik etmektedir. Bu teşvikler, elektriğin uzaktan taşınmasından doğan maliyetlerin düşmesine ve yatırım maliyetlerinin azalmasına yardımcı olmaktadır [54]. Çin'deki hızlı kentleşme, küçük ölçekli rüzgar türbinleriyle entegre edilebilecek pek çok binanın inşa edilmesine yol açmıştır. Bu durum, rüzgar potansiyelinin değerlendirilmesi meselesini gündeme getirmektedir [51].

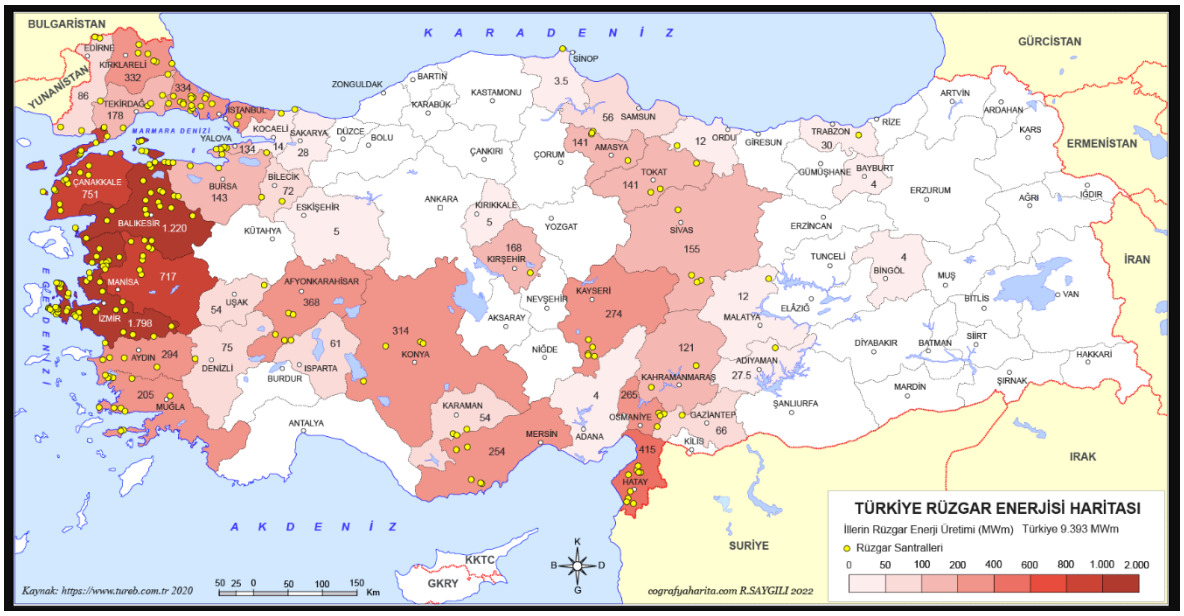
Rüzgar enerjisi genellikle geniş açık alanlar ve kentsel bölgelerden uzak yerlerde en etkili şekilde kullanılmasına rağmen, yoğun nüfuslu şehirlerdeki yüksek binaların artışı, bu alanda yeni fırsatlar sunmaktadır [45].

Düzgün aralıklarla yerleştirilen yüksek binalar, rüzgar enerjisini kısa mesafelerde etkili bir şekilde kullanma ve aktarma yeteneğine sahiptir. Rüzgar enerjisi, şehirlerde yüksek bina enerji talebinin yaklaşık %10 ila %20'sini karşılama potansiyeline ulaşmaktadır. Kentsel rüzgar enerjisi sistemleri ise genellikle binalara ve çevresindeki arazilere yerleştirilen, güç kapasiteleri 1 ila 20 kW arasında değişen rüzgar türbinlerinden oluşmaktadır. Bunun yanı sıra, rüzgar enerjisi sistemlerinin etkili bir şekilde tasarlanıp konumlandırılabilmesi için yerel çevre koşullarının ve kentsel sınır katmanlarının titizlikle değerlendirilmesi büyük önem taşımaktadır [55].

3.2.2.2. Türkiye Rüzgar Enerjisi Potansiyeli

2006 yılında hazırlanan Türkiye Rüzgâr Enerjisi Potansiyeli Atlası (REPA-V1) verilerine göre, yer seviyesinin 50 metre yukarısında ve yıllık ortalama rüzgar hızları 7,5 m/s'yi aşan alanlarda, her kilometrekare için 5 MW gücünde rüzgar santrali kurulabileceği kabul edilmiştir. Bu çerçevede, Türkiye'de inşa edilebilecek rüzgar elektrik santrallerinin toplam kapasitesinin 47.849,44 MW olduğu tespit edilmiştir. Görsel 4' te Türkiye rüzgar enerjisi potansiyeli haritası gösterilmiştir.

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



Görsel 4. Türkiye Rüzgar Enerjisi Potansiyeli Haritası [56]

3.2.3. Jeotermal enerji

Jeotermal enerji, dünyanın derinliklerinde biriken sıcaklığın yarattığı sıcak su, buhar ve gazların yüzeye taşıdığı ısı enerjisidir. ETKB' ye göre, bu enerji türü yenilenebilir, temiz, ekonomik ve çevre dostu bir yerli yeraltı kaynağıdır [52].

3.2.3.1. Jeotermal enerjinin kullanım alanları

Jeotermal enerjinin başlıca kullanım alanları, elektrik enerjisi üretimi, termal tesisler ve konut ve seraların ısıtılmasıdır. Jeotermal enerji, binaların ısıtılması, soğutulması ve elektrik enerjisi üretilmesi gibi çeşitli amaçlarla kullanılabilir. Özellikle jeotermal ısı pompaları, bu alanlarda etkin bir şekilde hizmet vermektedir [46]. Jeotermal enerji, binalarda ısı pompası teknolojisi ile kullanılarak, geleneksel ısıtma ve soğutma ekipmanlarına göre %30-70 oranında enerji tasarrufu sağlamaktadır [57]. Jeotermal enerjinin kullanım alanları Çizelge 9' da gösterilmiştir.

Çizelge 9. Jeotermal Enerji Kullanım Alanları

Elektrik üretimi; jeotermal sahalarda açılan kuyulardan üretilen akışkan seperatörlerde buhar ve su olarak ayrıştırıldıktan sonra türbin ve jeneratör ile elektrik enerjisi üretilir.
Isı üretimi; düşük sıcaklık, basınç ve debideki jeotermal kaynakların sera, organik tarım, ürün kurutma, bölgesel ısı ihtiyaçlarının karşılanması amacıyla değerlendirilmesidir.
Termal turizm ve sağlık amaçlı kullanımı; insan sağlığına yararlı mineraller içerebilen düşük sıcaklıktaki jeotermal kaynaklı suların sağlık amaçlı kullanılır.

3.2.3.2. Türkiye Jeotermal Enerji Potansiyeli

Türkiye, jeolojik ve coğrafi konumu nedeniyle aktif bir tektonik kuşak üzerinde yer almakta ve bu özelliğiyle jeotermal enerji açısından dünya genelinde zengin bir konumda bulunmaktadır. Ülke genelinde, farklı sıcaklıklarda yaklaşık 1.000 doğal çıkış noktası ile jeotermal kaynaklar mevcuttur. Türkiye, jeotermal potansiyeli bakımından Avrupa'nın birincisi, kurulu güç bakımından ise dünya sıralamasında dördüncü sıradadır. Jeotermal kaynakların dağılımını gösteren harita Görsel 5' te gösterilmiştir.



Görsel 5. Türkiye Jeotermal Enerji Potansiyeli Haritası [56]

3.2.4. Biyokütle Enerjisi

Biyokütle, "Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Enerjisi Üretimi Amaçlı Kullanımına İlişkin Kanun" çerçevesinde, ithal edilmemesi koşuluyla tanımlanır. Bu tanım, belediye atıkları (çöp gazı dahil), bitkisel yağ atıkları, gıda ve yem değeri taşımayan tarımsal atıklar, endüstriyel odun dışındaki orman ürünleri, atık lastiklerin işlenmesi sonucu ortaya çıkan yan ürünler, sanayi atık çamurları ve arıtma çamurlarını kapsamaktadır [58].

3.2.4.1. Biyokütle Enerjisi Kullanım Alanları

Biyokütle enerjisi, bitkisel atıklar ve diğer organik malzemelerden elde edilerek, binalarda ısı ve elektrik üretiminde kullanılmaktadır. Bu amaçla kullanılan biyokütle kazanları, özellikle ısıtma ve sıcak su temini için önemli bir rol oynamaktadır [59]. Biyokütle kaynakları Çizelge 10' da gösterilmiştir.

Çizelge 10. Biyokütle Kaynakları

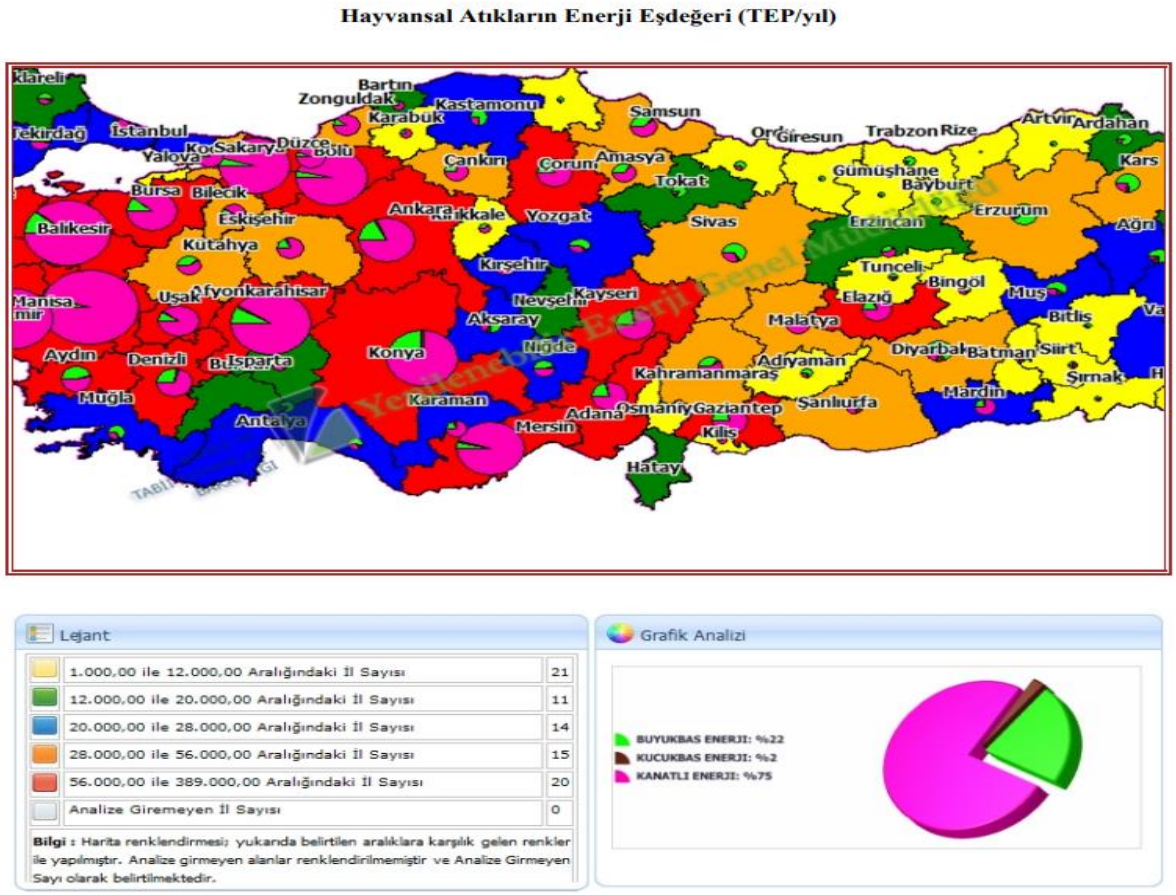
Tarımsal Biyokütle Kaynakları	• Yağlı tohumlu bitkiler (kanola, ayçiçeği, soya vb.) • Şeker ve nişasta bitkileri (patates, buğday, mısır, şeker pancarı vb.) • Elyaf bitkileri (keten, kenevir, sorgum, miskantus, vb.) • Bitkisel artıklar (dal, sap, saman, kök, kabuk, vb.)
Orman ve Orman Ürünlerinden Elde Edilen Biyokütle Kaynakları	• Orman ve ormancılık endüstrisi atık ve artıkları, enerji ormanları, enerji bitkileri
Hayvansal Biyokütle Kaynakları	• Büyükbaş, küçükbaş ve kümes hayvanlarının dışkıları, mezbaha atıkları ve hayvansal ürünlerin işlenmesi sırasında ortaya çıkan atıklar
Kentsel ve Endüstriyel Atıklardan Elde Edilen Biyokütle Kaynakları	• Biyolojik kökenli endüstri atıkları, belediye atıkları, arıtma çamurları

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

3.2.4.2. Türkiye Biyokütle Enerjisi Potansiyeli

ETKB tarafından biyokütle enerji potansiyelini belirlemek üzere hazırlanan Biyokütle Enerjisi Potansiyel Atlası (BEPA) verilerine göre, toplanabilir atıklarımızın toplam ekonomik enerji eşdeğeri yılda yaklaşık 3,9 MTEP olarak değerlendirilmiştir.

BEPA, şehir ve ilçe düzeyinde atık bazında teorik biyokütle potansiyeli ile ekonomik enerji, Görsel 6' da verilmiştir. Enerji Atlası da, işletmedeki ve inşaat aşamasındaki biyogaz, biyokütle, atık ısı ve pirolitik yağ enerji santralleri gibi çeşitli istatistiksel verileri sunmaktadır. 2023 yılına ait verilere göre, Türkiye'deki biyokütle, biyogaz, atık ısı ve pirolitik yağ enerji santrallerinin toplam kurulu gücü 1. 755 MW olarak belirlenmiştir. 2021 yılında bu santraller 7. 371. 770. 000 kilovat-saat elektrik üretimi gerçekleştirmiştir [60,61].



Görsel 6. Türkiye Biyokütle Enerjisi Potansiyeli Haritası [56]

3.2.5. Hidrojen Enerjisi

Hidrojen enerjisi, hidrojen moleküllerinin ayrışmasıyla ortaya çıkan kimyasal bir enerjidir. Hidrojen, elektrik ve ısı üretiminde çeşitli yöntemlerle kullanılabilmektedir. Öte yandan, hidroelektrik enerji santralleri, belirli bir yükseklikteki suyun, daha düşük seviyedeki türbinlere aktarılmasıyla elektrik üretme prensibine dayanır [61]. Bu santraller, "çevre dostu, temiz, yenilenebilir, düşük riskli, yüksek verimli, yakıt maliyeti olmayan, uzun ömürlü ve işletme giderleri son derece düşük olan, dışa bağımlılıktan uzak bir yerli enerji kaynağı" olarak öne çıkmaktadır [60-62].

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

3.2.5.1. Hidrojen Enerjisi Kullanım Alanları

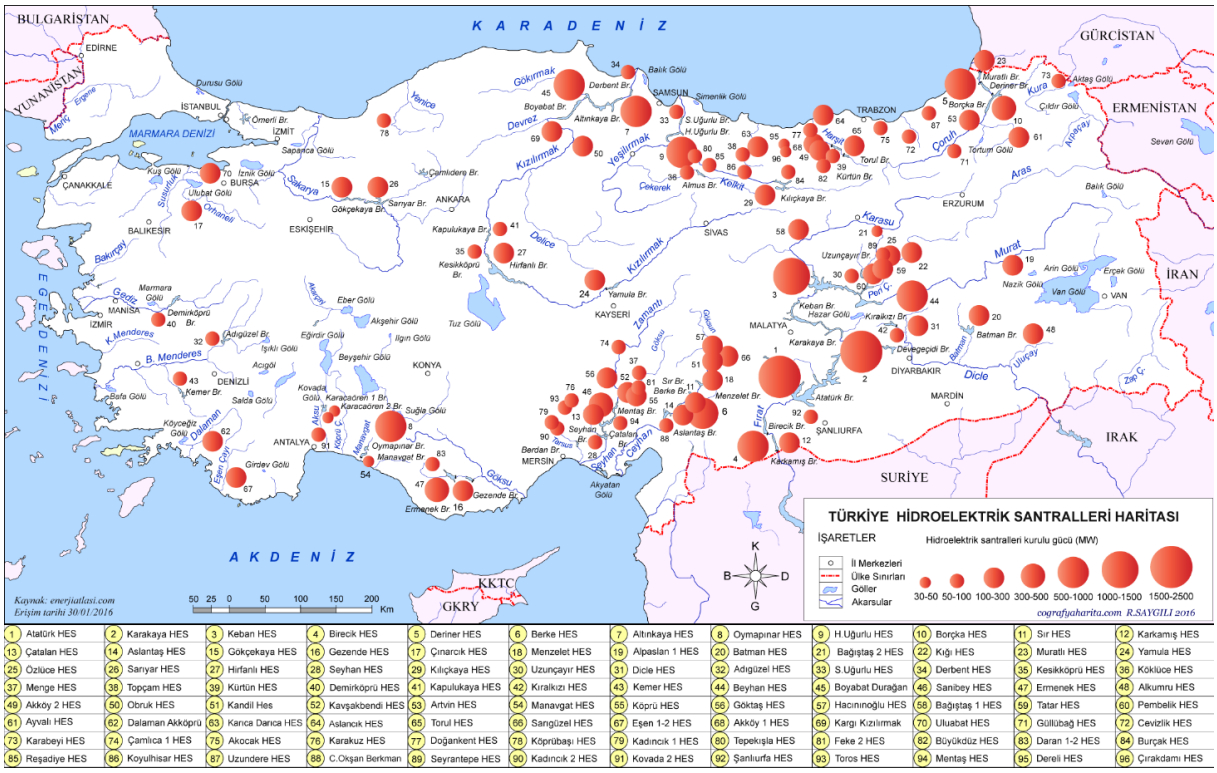
Hidrojen enerjisinin binalarda kullanımı ise henüz yaygınlaşmamış olsa da, binalardaki ısıtma ve soğutma süreçlerinin karbondan arındırılması için potansiyel bir çözüm olarak araştırılmaktadır [59,62,63].

Yaygın yaklaşım, binalar için hem elektrik hem de ısı üretebilen yakıt hücrelerini içermektedir. Ancak hidrojen enerjisi, potansiyelini keşfetmeye yönelik devam eden projelere rağmen hâlâ başlangıç aşamasındadır. Binalarda hidrojen enerjisinin benimsenmesi, yüksek üretim maliyetleri, sınırlı altyapı ve hidrojenin taşınmasıyla ilgili güvenlik kaygıları gibi zorluklarla karşı karşıya kalmaktadır. Bu durum, hidrojen enerjisinin binalarda yaygın bir şekilde entegrasyonunu kısıtlamaktadır [59,62,63].

Sharifishourabi, Dincer ve Mohany' nin çalışması, konut binaları için sonohidrojen sistemi ile güneş ve jeotermal enerji gibi yenilenebilir enerji kaynaklarını bir araya getiren yeni birçoklu enerji üretim sistemini tanıtmaktadır. Bu çalışma, binalarda sonik hidrojen üretimi sağlayan entegre bir güneş-jeotermal enerji sisteminin geliştirilmesi ve değerlendirilmesine odaklanarak, hidrojen enerjisinin hibrit sistemler şeklinde nasıl kullanılabileceğine dair önemli bir örnek sunmaktadır [63].

3.2.5.2. Türkiye Hidroelektik Enerji Potansiyeli

Hidroelektrik enerji, su kaynaklarının kullanılmasıyla elde edilmekte ve binalarda elektrik enerjisi üretiminde kullanılabilmektedir. 2021 yılında hidroelektrik kaynaklardan toplamda 55,5 milyar kWh elektrik üretilmiştir. 2022 yılı Mayıs ayının sonlarına gelindiğinde, bu rakam yaklaşık 35,2 milyar kWh seviyesine ulaşmıştır. Enerji atlası verileri sayesinde, şehir bazında işletmede olan veya yapım aşamasındaki hidroelektrik santralleri gibi birçok istatistiki bilgiye kolaylıkla ulaşmak mümkündür. Türkiye'deki hidroelektrik santrallerinin illere göre dağılımını gösteren harita ise Görsel 7'de yer almaktadır. Türkiye' deki hidroelektrik santrallerinin toplam kurulu gücü 31. 555 MW' dır. 2021 yılı itibarıyla bu santraller, 55. 695. 231. 650 kilovatsaat elektrik üretmiştir [64].



1 Atatürk HES	2 Karakaya HES	3 Keban HES	4 Birecik HES	5 Deriner HES	6 Berke HES	7 Altınkaya HES	8 Oymapınar HES	9 H.Uğurlu HES	10 Borçka HES	11 Sir HES	12 Karkamış HES
13 Çatalan HES	14 Aslantaş HES	15 Gökçekaya HES	16 Gezende HES	17 Çınarcık HES	18 Menzelet HES	19 Alpaslan 1 HES	20 Batman HES	21 Bağıştaş 2 HES	22 Kığı HES	23 Muratlı HES	24 Yamula HES
25 Özlüce HES	26 Sarıyar HES	27 Hirfanlı HES	28 Seyhan HES	29 Kılıçkaya HES	30 Uzunçayır HES	31 Dicle HES	32 Adıgüzel HES	33 S.Uğurlu HES	34 Derbent HES	35 Kesikköprü HES	36 Köklüce HES
37 Menge HES	38 Topçam HES	39 Kürtün HES	40 Demirköprü HES	41 Kapulukaya HES	42 Kıralkızı HES	43 Kemer HES	44 Beyhan HES	45 Boyabat Durağan	46 Sanibey HES	47 Ermenek HES	48 Alkumru HES
49 Akköy 2 HES	50 Obruk HES	51 Kandil Hes	52 Kavşakbendi HES	53 Artvin HES	54 Manavgat HES	55 Köprü HES	56 Göktaş HES	57 Hacınınoğlu HES	58 Bağıştaş 1 HES	59 Tatar HES	60 Pembelik HES
61 Ayvalı HES	62 Dalaman Akköprü	63 Kanca Danca HES	64 Aslancık HES	65 Torul HES	66 Sangüzel HES	67 Eşen 1-2 HES	68 Akköy 1 HES	69 Kargı Kızılırmak	70 Uluabat HES	71 Güllübağ HES	72 Cevizlik HES
73 Karabeyi HES	74 Çamlıca 1 HES	75 Akocak HES	76 Karakuz HES	77 Doğankent HES	78 Köprübaşı HES	79 Kadıncık 1 HES	80 Tepekışla HES	81 Feke 2 HES	82 Büyükdüz HES	83 Daran 1-2 HES	84 Burçak HES
85 Reşadiye HES	86 Koyulhisar HES	87 Uzundere HES	88 C.Okşan Berkman	89 Seyrantepe HES	90 Kadıncık 2 HES	91 Kovada 2 HES	92 Şanlıurfa HES	93 Toros HES	94 Mentaş HES	95 Dereli HES	96 Çıraktamı HES

Görsel 7. Türkiye'deki Hidroelektrik Santrallerin İllere Göre Dağılım Haritası [56]

4. SONUÇ

Enerji krizi, çevre kirliliği ve iklim değişikliği gibi dünyanın karşılaştığı ortak sorunlarla mücadele ettiğimiz bu dönemde, binalarda çevre dostu ve sürdürülebilir teknolojilerin kullanılması gelecekte yaşayan nesillere yaşanabilir bir dünya bırakmak adına son derece önem taşımaktadır. Bu konuda yapılan çalışmada, yenilenebilir enerji teknolojilerinin binalarda uygulanması üzerine gerçekleştirilen literatür taramaları ve uzman gruplarla yapılan görüşmeler sayesinde Türkiye'deki durumu, karşılaşılan engelleri, mevcut fırsatları, yenilenebilir enerji teknolojileri alanında etkili aktörleri, kriterleri ve alternatif teknolojiler ile süreçleri kapsamlı bir şekilde ele alınmıştır.

Geçmişten günümüze, enerji tüketimiyle ilgili alınan önlemler, hükümetlerin sağladığı teşvikler ve teknolojik gelişmeler sayesinde bu alanda enerji verimliliği ve yenilenebilir enerji kullanımında önemli artışlar sağlanmıştır.

Tüm bu çalışmalar tamamlandıktan sonra, Türkiye'deki mevzuatın yeni yapılacak binaların enerji tüketimi açısından tekrar gözden geçirilmesi gerekmektedir. Bu sayede, binalar yenilenebilir enerji kaynaklarına sahip olmasa bile enerji tüketimlerinin düşük seviyelerde tutulması mümkün olacaktır. Bu nedenle, 2050 'Net Sıfır' hedefleri doğrultusunda, Neredeyse Sıfır Enerjili Bina hedefine ulaşmak için daha gerçekçi yaklaşımlar geliştirilmesi beklenmektedir. Sıfır enerjili bina hedefleri doğrultusunda yenilebilir enerji kaynaklarından aşağıdaki çıktıların alınması beklenmektedir.

Hidroelektrik: Hidroelektrik, dünya çapında önemli bir elektrik enerjisi kaynağıdır ve küresel gücün beşte birini üretir. Hidroelektrik enerjisinin sırasıyla 63 ve 23 ülke için ulusal elektriğin en az %50'sini ve %90'ını sağladığı tahmin edilmektedir.

Güneş: Güneş enerjisi, fotovoltaik paneller veya güneş termal panelleri aracılığıyla kullanılabilir. Üretilen enerji miktarı büyük ölçüde üzerlerine düşen güneş ışığı miktarına

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

bağlıdır ve bu miktar dünya genelinde büyük ölçüde değişir. Atmosferimizin üst seviyelerinde güneş radyasyonunun enerji yoğunluğu yaklaşık 1368 W/m^{2}' dir. Dünya yüzeyindeki enerji yoğunluğu, açık bir günde deniz seviyesinde güneş ışınlarına dik bir yüzey için yaklaşık 1000 W/ m^{2}' ye düşer.

Rüzgar: Rüzgar türbinleri rüzgarın kinetik enerjisini elektrik enerjisine dönüştürür. Rüzgardan gelen hava akışı bir türbinin kanat bölümüne çarptığında kaldırma kuvveti sürükleme kuvvetinden önemli ölçüde daha büyüktür ve bu da kanatların elektrik üretmek için dönmesine neden olur.

Biyokütle: Neredeyse sıfır enerjili binaların istikrarlı bir enerji tedariki elde etmek için güvenilir bir enerji kaynağına sahip olması gerektiğinden, biyokütle, rüzgar veya güneş enerjisinin olduğu gibi iklim koşullarından etkilenmediği için en uygun yenilenebilir enerji kaynaklarından biri olma eğilimindedir ve sistemi sürdüren yeterli hammadde olduğu sürece istikrarlı bir tedarik normalde sağlanabilir. Ayrıca, biyokütle sistemleri basit bir tasarıma sahiptir ve sistemler için gereken yapılara kıyasla inşa edilmesi daha kolaydır.

Jeotermal: Binaları ve kentleri merkezi sistemle ısıtmada ve sıcak kullanma suyu Şebekelerinde (İzlanda, Yeni Zelanda, Fransa, Japonya, ABD ve Macaristan' da olduğu gibi) 40^{0}C nin üzerindeki sıcaklıkta jeotermal akışkanlar kullanılmaktadır. Ülkemizde halen az sayıda yerleşme merkezinde jeotermal enerjiden yararlanılarak konutlar ısıtılmakta, bazı yerleşmelerde ise konutların bu yolla ısıtılması için çalışmalar yapılmaktadır. 40 ^{0}C' nin üzerindeki jeotermal sularla konutların ısıtılabildiği ve bunun dünyada birçok örnekleri olduğu dikkate alınarak, ülkemizde yaklaşık 5 milyon konutun jeotermal enerjiden yararlanarak ısıtılabileceği ileri sürülmektedir. Bu varsayım gerçekleşirse İzmir, Bursa, Aydın, Erzurum, Sakarya ve Denizli gibi büyük şehirlerin yer aldığı 51 Şehir yerleşmesinin ısıtılmasında, jeotermal enerji kullanılabilecektir. Türkiye 40 ^{0}C' nin üzerinde sıcaklığa sahip jeotermal kaynak zenginliği açısından dünyada 7. sırada gelmektedir. Sıcaklığı 30-60 ^{0}C'ler arasında değişen jeotermal su, konutların ısıtılmasını kolay ve pratik bir şekilde sağlamaktadır. Daha düşük sıcaklıklara sahip jeotermal kaynaklardan yararlanmanın yöntemi "ısı pompaları" dır. Isı pompası 30-50 ^{0}C' lerdeki ve debisi düşük olan jeotermal suyun sıcaklığını bu suyun ekonomik olarak yükselttiğinden önemlidir. Bu yöntemle jeotermal suyun sıcaklığı 44-50 ^{0}C' ler arasında yükseltilirken, en fazla elde edilen sıcaklık derecesi 110 ^{0}C olmuştur.

Isı pompaları: Hem maliyet açısından etkili hem de enerji açısından verimli olabilir. Sadece enerji ve maliyet faktörleri nedeniyle değil, aynı zamanda bağlı enerji şebekelerinin çalışmasını desteklemek için talep yanıt yetenekleri nedeniyle de gelecekteki neredeyse sıfır enerjili bina gereksinimlerini karşılamak üzere planlanan yüksek performanslı binalarda önemli bir rol oynayabilirler.

KAYNAKÇA

[1] Bharti, J., Hitaishi S., Understanding of General Population toward Global Energy Crisis: A Qualitative Study, Changing Competitive Business Dynamics Through Sustainable Big Data Analysis. Bentham Science Publishers, 144-165, 2024.

[2] https://www.forbes.com/sites/rrapier/2022/12/31/the-year-in-energy-prices/ (Erişim tarihi: 15.12.2024)

[3] https://www.iea.org/reports/buildings (Erişim tarihi: 15.12.2024)

[4] https://www.ren21.net/gsr-2023/ (Erişim tarihi: 15.12.2024)

[5] https://www.arkitera.com/haber/globalabc-2021-kuresel-durum-raporu/ (Erişim tarihi: 15.12.2024)

[6] https://www.apren.pt/contents/publicationsothers/irena-oil-companies-energy transition-2021.pdf (Erişim tarihi: 16.12.2024)

[7] Uşma, G., *Enerji Etkin Konutlar ve Kullanıcı Memnuniyeti*. Nobel Akademik Yayıncılık, 2023.

[8] Özdemir, E., Ercan, B., Avrupa Yeşil Mutabakatının Enerji Sektörüne ve Otomotiv Endüstrisine Etkileri ve Sonuçları. Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi, 51, 190-202, 2023.

[9] Zhang, S., Ocłoń, P., Klemeš, J. J., Michorczyk, P., Pielichowska, K., Pielichowski, K., Renewable energy systems for building heating, cooling and electricity production with thermal energy storage. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 165, 112560, 2022.

[10] Kaya, H. E., Susan, A. T., Sürdürülebilir bir kentleşme yaklaşımı olarak, ekolojik planlama ve eko-kentler. İdealkent, 11, 30, 909-937, 2020.

[11] Şenol, S., *İklim değişikliği ve güvenlik ilişkisi: Türkiye üzerine bir değerlendirme*. Doktora, Uludağ Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Mart, 2024.

[12] Gutti, B., Aji, M. M., Magaji, G., Environmental impact of natural resources exploitation in Nigeria and the way forward. Journal of Applied technology in Environmental sanitation, 2, 2, 95-102, 2012.

[13] Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD). (2022, June). Decarbonising Buildings in Cities and Regions. Retrieved from https://read.oecdilibrary.org/urban-rural-and-regional

[14] Thanissery, V. V. A Sustainable Approach for the Reduction of Carbon Dioxide Emissions in the Latvian Construction Industry, Master's Thesis, 2023.

[15] United Nations Environment Programme (UNEP). (2020). 2020 Global Status Report for Buildings and Construction: Towards a Zero-emission, Efficient and Resilient Buildings and Construction Sector. Nairobi. p. 4.

[16] Özbalta, T. G. *Yaklaşık Sıfır Enerji Yerleşimler*, ISUEP2018 Uluslararası Kentleşme ve Çevre Sorunları Sempozyumu, Eskişehir, 56, 2018.

[17] Maduta, C., D'Agostino, D., Tsemekidi-Tzeiranaki, S.,Castellazzi, L., From Nearly Zero-Energy Buildings (NZEBs) to Zero-Emission Buildings (ZEBs): Current status and future perspectives. Energy and Buildings, 115133, 2024.

[18] Omrany, H., Ghaffarianhoseini, A., Ghaffarianhoseini, A., Raahemifar, K., Tookey, J., Application of passive wall systems for improving the energy efficiency in buildings: A comprehensive review. Renewable and sustainable energy reviews, 62, 1252-1269, 2016.

[19] Mata, É., Korpal, A. K., Cheng, S. H., Navarro, J. J., Filippidou, F., Reyna, J., Wang, R., A map of roadmaps for zero and low energy and carbon buildings worldwide. Environmental Research Letters, 15,11, 113003, 2020.

[20] Chen, W. H., You, F., Sustainable building climate control with renewable energy sources using nonlinear model predictive control. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 168, 112830, 2022.

[21] Amin, M., Shah, H. H., Fareed, A. G., Khan, W. U., Chung, E., Zia, A., Lee, C., Hydrogen production through renewable and non-renewable energy processes and their impact on climate change. International journal of hydrogen energy, 47, 77, 33112-33134, 2022.

[22] Omer, A. M., Energy, environment and sustainable development. Renewable and sustainable energy reviews, 12, 9, 2265-2300, 2008.

[23] Shahsavari, A., Akbari, M., Potential of solar energy in developing countries for reducing energy-related emissions. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 90, 275-291, 2018.

[24] Cooke, R., Cripps, A., Irwin, A., Kolokotroni, M., Alternative energy technologies in buildings: Stakeholder perceptions. Renewable Energy, 32, 14, 2320- 2333, 2007.

[25] https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2022/02/20220219-2.htm (Erişim tarihi: 15.12.2024)

[26] Hof, A. F., Den Elzen, M. G. J., Mendoza Beltran, A. The EU 40% greenhouse gas emission reduction target by 2030 in perspective. International Environmental Agreements: Politics, Law and Economics, 16, 375-392, 2016.

[27] De Almeida, A., Fonseca, P., Schlomann, B., Feilberg, N., Characterization of the household electricity consumption in the EU, potential energy savings and specific policy recommendations. Energy and buildings, 43, 8, 1884-1894, 2011.

[28] Utlu Z., Tekin S., *Yeşil Bina Uygulamalarında Net Sıfır Enerjili Binaların Tasarım Parametrelerinin Belirlenmesi*, 11. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi, 17-20, Nisan, İzmir, 2014.

[29] Bulut H., Şahin H., Karadağ R., Güneş Enerjili Su Isıtma Sistemlerinin Tekno Ekonomik Analizi, TMMOB Makina Mühendisleri Odası, Tesisat Mühendisliği Dergisi, 101, 23-33, 2007.

[30] Özutku, O., Karakuş, C., *Binalarda Isı Yalıtım Yolu İle Enerji Tasarrufunun İklimlendirme Açısından İncelenmesi Ve Optimum Cam Kaplama Alanı Belirlenmesi*. Binalarda Isı Yalıtımı Yoluyla Enerji Tasarrufu Kitabı, (2018).

[31] Yildiz, M. S., *Sıfır enerjili akıllı ev tasarımı*, Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Mayıs, 2019.

[32] Wessel, L., *Is the energy crisis accelerating the transition to renewable energies?*, Master's thesis, uis, 2023.

[33] Munarriz Gistau, C. (2024). Powering Up the European Union: Addressing the Energy Security Crisis.

[34] IRENA. (2018). Global Energy Transformation: A roadmap to 2050. International Renewable Energy Agency, Masdar.

[35] Cesur, F., *Türkiye'de yenilenebilir enerji teknolojilerinin binalarda kullanımına yönelik model önerisi*, Yüksek Lisans Tezi, Uludağ Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ocak, 2024.

[36] Christopher, S., Vikram, M. P., Bakli, C., Thakur, A. K., Ma, Y., Ma, Z., Singh, P. Renewable energy potential towards attainment of net-zero energy buildings status–a critical review. Journal of Cleaner Production, 405, 136942, 2023.

[37] Cao, X., Dai, X., Liu, J., Building energy-consumption status worldwide and the state-of-the-art technologies for zero-energy buildings during the past decade. Energy and buildings, 128, 198-213, 2016.

[38] Li, Y., Mao, Y., Wang, W.,Wu, N., Net-zero energy consumption building in China: an overview of building-integrated photovoltaic case and initiative toward sustainable future development. Buildings, 13, 8, 2024.

[39] Savaş, S., Gül, M., Sürdürülebilir mimari tasarım ve malzeme seçimi. Journal of Materials Science and Engineering, 12, 3, 109-118, 2018.

[40] Şimşek, S., Demir, İ., Sürdürülebilir mimari tasarımın enerji performansı değerlendirme sistemleri üzerine etkisi. Journal of Building Assessment and Performance, 8, 2, 76-83, 2019.

[41] Yıldız, M. E. Bayram, Ö. F., Sürdürülebilir enerji kaynakları ve yenilenebilir enerji teknolojileri. Journal of Renewable Energy and Sustainable Development, 6, 2, 34-42, 2019.

[42] Bayraktar, Y., Kaya, H. İ., *Kamu teşviklerinin yenilenebilir enerji yatırımları üzerine etkisi: Türkiye örneği.* ICPESS 2016 PROCEEDINGS BOOK, 429, 2016.

[43] Kara, B., Akın, M., Sürdürülebilir mimari tasarım ve su tasarrufu. Journal of Water Resources and Environmental Engineering, 7, 1, 34-42, 2017.

[44] https://www.nrel.gov/docs/fy07osti/40116.pdf (Erişim tarihi: 12.12.2024)

[45] Ma, Z., Awan, M. B., Lu, M., Li, S., Aziz, M. S., Zhou, X., Li, Y., An Overview of Emerging and Sustainable Technologies for Increased Energy Efficiency and Carbon Emission Mitigation in Buildings. Buildings, 13, 10, 2658, 2023.

[46] Toprak, M. E., Küçük, Y., Sürdürülebilir enerji kaynakları ve binaların enerji performansı. Journal of Energy Technologies and Policy, 6, 1, 56-63, 2018.

[47] Zhang, T., Li, Y., Chen, Y., Feng, X., Zhu, X., Chen, Z., Sun, S., Review on space energy. Applied Energy, 292, 116896, 2021.

[48] Mekhilef, S., Saidur, R., Safari, A., A review on solar energy use in industries. Renewable and sustainable energy reviews, 15, 4, 1777-1790, 2011.

[49] Kumar, K. R., Chaitanya, N. K., Kumar, N. S., Solar thermal energy technologies and its applications for process heating and power generation–A review. Journal of Cleaner Production, 282, 125296, 2021.

[50] Chel, A., Kaushik, G., Renewable energy technologies for sustainable development of energy-efficient building. Alexandria Engineering Journal, 57,2, 655- 669, 2018.

[51] Yuan, X., Wang, X., Zuo, J., Renewable energy in buildings in China-A review. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 24, 1-8, 2013.

[52] https://enerji.gov.tr/enerji-isleri-genel-mudurlugu-yenilenebilir-enerji (Erişim Tarihi: 17.12.2024)

[53] Omer, A. M., Renewable building energy systems and passive human comfort solutions. Renewable and sustainable energy reviews, 12, 6, 1562-1587, 2008.

[54] Teschner, N. A., Alterman, R., Preparing the ground: Regulatory challenges in siting small-scale wind turbines in urban areas. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 81, 1660-1668, 2018.

[55] Kwok, K. C. S., Hu, G., Wind Energy System for Buildings in an Urban Environment. Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics, 234, 105349, 2023.

[56] http://cografyaharita.com/turkiye_enerji_haritalari.html (Erişim Tarihi: 26.12.2024)

[57] Li, Q., Ground source heat pump and its advantages. Shanxi Architecture, 36,19, 170-171, 2010.

[58] Rodríguez-Monroy, C., Mármol-Acitores, G., Nilsson-Cifuentes, G. Electricity generation in Chile using non-conventional renewable energy sources–A focus on biomass. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 81, 937-945, 2018.

[59] Han, B., Studies and Recommendations on Sustainable Architecture and Energy Efficiency. Hars Akademi, 6,1, 57-72, 2023.

[60] https://bepa.enerji.gov.tr/ (Erişim tarihi: 17.12.2024)

[61] http://ekb.gov.tr/Icerik-218-BiyokutleEnerjisi (Erişim tarihi: 17.12.2024)

[62] Zohuri, B., Zohuri, B., Cryogenics and liquid hydrogen storage. Hydrogen energy: challenges and solutions for a cleaner future, 121-139, 2019.

[63] Sharifishourabi, M., Dincer, I., Mohany, A., Development and assessment of a new solar-geothermal based integrated energy system with sonic hydrogen generation for buildings. Journal of Building Engineering, 80, 107944, 2023.

[64] https://www.enerjiatlasi.com/hes-haritasi/turkiye (Erişim tarihi: 16.12.2024)

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

FOTOVOLTAİK GÜNEŞ PANELLERİNDE YAPAY ZEKÂ UYGULAMALARI

Arş. Gör. Gizem Gül KATIRCIOĞLU
Fırat Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makine Mühendisliği
ggkatircioglu@firat.edu.tr- 0000-0003-1015-9392
Doç. Dr. Mehmet DAŞ
Fırat Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makine Mühendisliği
m.das@firat.edu.tr -0000-0002-4143-9226
Prof. Dr. Ebru AKPINAR
Fırat Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makine Mühendisliği
ebruakpinar@firat.edu.tr -0000-0003-0666-9189

ÖZET

Fotovoltaik (PV) güneş enerji sistemleri, yenilenebilir enerji üretiminde önemli bir rol oynamaktadır. Ancak bu sistemlerin verimli çalışması, çevresel koşullar, sistem bileşenlerinin durumları ve enerji talebindeki değişim gibi birçok faktöre bağlıdır. Yapay zeka (YZ) teknolojileri, bu karmaşık süreçlerin yönetiminde yenilikçi çözümler sunarak fotovoltaik sistemlerin performansını ve ekonomik sürdürülebilirliğini artırmaktadır.

Bu çalışmada, yapay zekanın fotovoltaik enerji sistemlerinde kullanımı incelenmiştir. Yapay zekanın avantajları, yenilenebilir enerji kaynaklarında kullanım alanları ve literatürde bu alanda yapılan çalışmalar ele alınmıştır. Özellikle gerçek zamanlı veri analizi ve tahmin sistemleri, güneş enerji santrallerinin operasyonel maliyetlerini düşürmekte ve enerji üretim verimliliğini artırmaktadır.

Sonuç olarak, yapay zeka uygulamaları, PV sistemlerdeki mevcut zorlukların üstesinden gelmekte ve gelecekte daha akıllı ve özelleştirilmiş enerji sistemlerinin geliştirilmesine olanak sağlamaktadır. Çalışma, sektördeki güncel gelişmeleri ve potansiyel iyileştirme alanlarını ortaya koyarak enerji teknolojilerindeki dönüşüm sürecine katkı sunmayı hedeflemektedir.

Anahtar Kelimeler: Güneş paneli, enerji, yapay zeka uygulamaları.

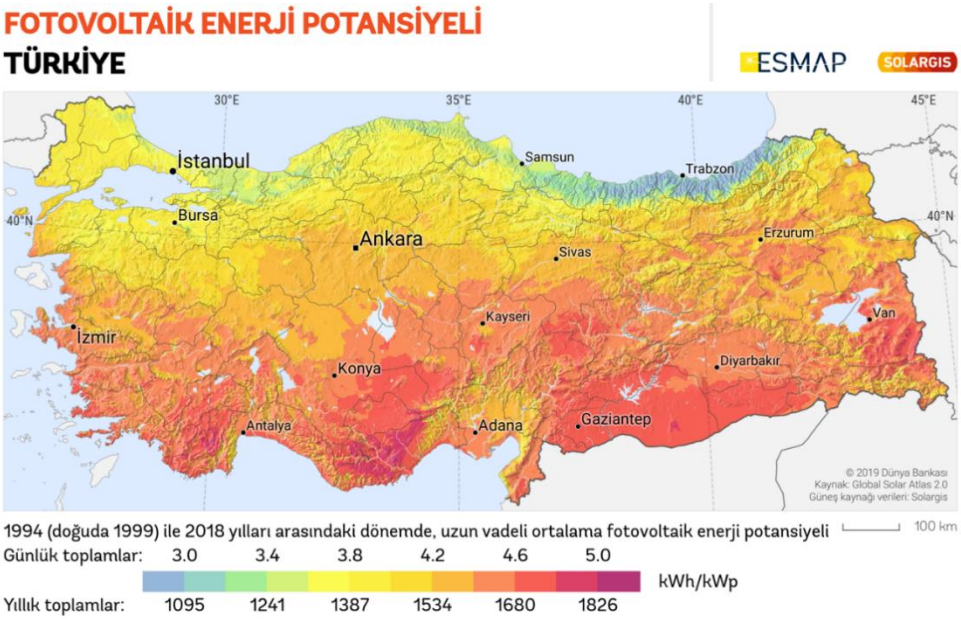
ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

1. GİRİŞ

Küresel ısınma, sera gazlarının atmosferde birikmesi sonucunda meydana gelen ve dünya genelinde iklim değişikliklerine yol açan önemli bir sorundur. Bu sorunun en büyük etkenlerinden biri, fosil yakıtların kullanımıdır. Fosil yakıtların yanması, atmosfere salınan karbondioksit ve diğer sera gazlarıyla birlikte, gezegenimizin sıcaklığını artırmaktadır [1]. Ayrıca, petrol, kömür ve doğalgaz gibi fosil yakıtların çıkarılması ve işlenmesi sırasında ortaya çıkan zararlı atıklar, çevre üzerinde olumsuz etkiler yaratmakta; su kaynaklarının kirlenmesine, toprak verimliliğinin azalmasına ve doğal yaşamın yok olmasına sebep olmaktadır [2].

Ülkemiz, yenilenebilir enerji kaynakları bakımından son derece zengin bir potansiyele sahiptir. Özellikle güneş ve rüzgâr enerjisi, Türkiye'nin enerji ihtiyacını karşılamak için büyük bir öneme sahiptir. Geografik konumumuz sayesinde, yıl boyunca ortalama 2,600 saat güneşlenme süresi ile güneş enerjisi santralleri için elverişli bir iklim sunmaktayız. Ayrıca, uzun kıyı şeridimiz ve yüksek rüzgâr potansiyelimiz, Türkiye'nin rüzgâr enerjisi potansiyelini de önemli ölçüde artırmaktadır [3,4].

Son yıllarda yenilenebilir enerjiye yapılan yatırımlar artarak devam ederken, Türkiye'nin güneş enerjisi potansiyeli özellikle bu dönemde daha fazla keşfedilmiş ve birçok güneş enerjisi santrali devreye alınmıştır [5]. Rüzgâr enerjisi alanında da benzer bir durum söz konusu. Türkiye'nin yüksek rüzgâr enerjisi potansiyeli, pek çok rüzgâr enerjisi santralinin kurulmasına olanak tanımıştır [5]. Türkiye'nin fotovoltaik enerji potansiyeli haritası Görsel 1.'de verilmiştir.



Görsel 1. Türkiye fotovoltaik enerji potansiyeli haritası [6]

Bilinen en büyük enerji kaynağı güneştir. Çünkü tüm canlıların temel yaşam kaynağı olmasının yanı sıra, diğer enerji kaynaklarının da temelini oluşturur [7]. Güneş enerjisi, yenilenebilir ve sınırsız bir kaynağa sahip olmasıyla dikkat çeker. Günümüzde enerji ihtiyacının sürekli artması, bu ihtiyacın karşılanabilmesi için fosil yakıtlar ve çevreye zarar veren enerji kaynakları yerine daha zararsız ve verimli alternatifler arayışını zorunlu kılmaktadır. Bu bağlamda, yenilenebilir enerji kaynakları ön plana çıkmaktadır [8,9].

Yenilenebilir enerji kaynakları arasında hidroelektrik santralleri, güneş enerjisi santralleri ve rüzgar enerjisi santralleri öne çıkmaktadır. Güneş enerjisi santralleri, güneş panelleri üzerinde yer alan özel hücreler aracılığıyla çalışır. Bu hücreler, güneş ışınlarını elektriğe dönüştürerek enerji üretme sürecinin temelini oluşturur. Birden fazla güneş panelinin bir araya gelmesiyle oluşturulan diziler, bu süreçte akım ve gerilim elde edilmesini sağlar. Elde edilen doğru akım (DC) elektrik enerjisi ise, maksimum güç noktası takibi yapan eviriciler sayesinde alternatif akıma (AC) dönüştürülmektedir. Ülkemizde güneşlenme sürelerinin oldukça yüksek olması, fotovoltaik sistemlere yönelik yatırımların artmasına ve güneş enerjisi santrallerinin kurulumu için çok sayıda projeye yönelmesine zemin hazırlamaktadır [10-12].

Yapay zekâ teknolojisi, yenilenebilir enerji kaynaklarının daha etkili bir şekilde kullanılmasına yardımcı olacak birçok uygulamayı mümkün kılmaktadır. Örneğin, rüzgâr enerjisi santrallerinin verimliliğini artırmak için yapay zekâ algoritmaları kullanılabilmektedir. Bu algoritmalar, rüzgâr hızı, yönü ve diğer çevresel faktörleri analiz ederek, rüzgâr türbinlerinin çalışma hızını ve açısını otomatik olarak ayarlayarak daha yüksek verimlilik elde edilmesine yardımcı olmaktadır. Ayrıca, güneş enerjisi santrallerinin bakımı ve performans analizi gibi alanlarda da yapay zekâ teknolojileri kullanılabilmektedir. Bu sayede, sistemlerin verimliliği artırılabilmekte ve arıza tespiti daha hızlı bir şekilde yapılabilmektedir [13].

Bu çalışmada Güneş enerji panellerinde uygulanan yapay zeka teknolojileri ele alınmıştır.

2. GÜNEŞ ENERJİSİ

Güneş enerjisi, temiz ve yenilenebilir olmasının yanı sıra sınırsız ve evrensel bir kaynak olma özelliği taşır. Güneşin yüzeyindeki enerji, dünya üzerindeki ihtiyaçları karşılamak için fazlasıyla yeterlidir ve aynı zamanda uzay araçları ve uydular gibi uzay uçuşlarında da kullanılabilen bir enerji kaynağıdır. Ayrıca, güneş enerjisi, fosil yakıtlar gibi çevre kirliliğine yol açmayan ve iklim değişikliği ile mücadelede etkili bir çözüm sunan temiz bir enerji kaynağıdır. Güneş enerjisinin pek çok farklı kullanım alanı vardır (Görsel 2) [14,15].

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



Görsel 2. Güneş enerjisi kullanım alanları [14,15]

2.1. Güneş Enerjisinden Elektrik Üretimi

Güneş enerjisi, güneş ışığı ve ısıdan elde edilen enerjilerle elektrik üretmektedir. Bu işlem, güneş panellerinde bulunan fotovoltaik (PV) hücreleri aracılığıyla gerçekleşir. Fotovoltaik hücreler, ince silikon katmanlarının bir araya gelmesiyle oluşan bir yapıya sahiptir. Güneş ışığı, bu hücrelerin yüzeyine vurduğunda, hücrelerdeki yarı iletken malzemelerdeki elektronların hareketlenmesine yol açar. Bu hareketlenme, elektronların bir akım oluşturmasına neden olur ve bu akım, bir tel bağlantısı aracılığıyla bir aküye veya güç invertörüne yönlendirilir [16].

Güç invertörleri, DC (doğru akım) elektrik akımını AC (alternatif akım) elektrik akımına dönüştürerek, bu enerjiyi evlerde ve işletmelerde kullanım için ağa entegre eder. Güneş enerjisi sistemleri, enerji ihtiyaçlarına bağlı olarak çeşitli boyutlarda kurulabilmektedir [17]. Küçük ev sistemleri birkaç güneş panelinden oluşabilecekken, büyük ölçekli ticari güneş enerjisi santralleri binlerce panelden meydana gelebilir [18].

3. YAPAY ZEKA

Yapay zeka (YZ), bilgisayar sistemlerinin veya makinelerin insan zekasına benzer bir şekilde düşünmesini, öğrenmesini ve karar vermesini sağlayan bir bilim dalıdır. YZ, verileri analiz ederek çıkarımlar yapabilir, problemleri çözebilir, kararlar alabilir ve hatta yeni bilgiler edinebilir. Bu özellikleri, yapay zekanın birçok alanda, özellikle işletmeler, tıp, otomotiv, hizmet sektörü ve diğer endüstrilerde kullanılmasını mümkün kılmaktadır [19].

Yapay zekâ teknolojileri, veri madenciliği, makine öğrenimi ve doğal dil işleme gibi çeşitli disiplinleri kapsamaktadır. Veri madenciliği, büyük veri setlerinden anlamlı bilgileri ortaya

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

çıkarmaya yönelik bir tekniktir. Makine öğrenimi ise bilgisayarların farklı veri kaynaklarından öğrenme yeteneğini ifade eder. Doğal dil işleme ise insan dilini anlamak ve üretmek için geliştirilmiş bir teknolojidir [20].

Yapay zeka uygulamaları, görüntü ve ses tanıma, otonom araçlar, öngörülebilir bakım, konuşma tanıma, öğrenen robotlar ve tıbbi teşhis gibi birçok alanda geniş bir yelpazede yer almaktadır. Bu uygulamalar, yapay zekanın potansiyelini net bir şekilde sergilemekte ve gelecekte bu teknolojilerin kullanım alanlarının hızla artacağı öngörülmektedir. Yapay zeka teknolojilerinin gelişimi, insan benzeri akıllı sistemlerin üretilmesini mümkün hale getirirken, bu durum birçok sektörde iş süreçlerini daha verimli, hızlı ve hatasız bir şekilde gerçekleştirme imkânı sunmaktadır. Ancak, yapay zeka teknolojilerinin geliştirilmesi ve uygulanması esnasında etik, gizlilik ve güvenlik gibi konulara titizlikle dikkat edilmesi gerektiği de son derece önemlidir.

3.2.Güneş Enerjisinde Yapay Zekâ Kullanımının Avantajları

Yapay zekâ, güneş enerjisi sistemlerinin daha verimli ve etkili hale getirilmesine yardımcı olabilir. Güneş enerjisi için yapay zekâ kullanımının örnekleri Çizelge 1' de özetlenmiştir.

Çizelge 1. Güneş Enerjisi Yapay Zeka Kullanımı

Kullanım alanı	Yapay zeka kullanımı
Veri analizi ve tahmini	Güneş enerjisi sistemleri, doğrudan güneş ışığına dayanır. Bununla birlikte, yapay zeka, güneş ışığı tahminleri yaparak enerji üretimini optimize etme sürecinde önemli bir rol oynayabilir. Ayrıca, bu sistemlerin performansını izlemek için verileri analiz ederek olası sorunları da tespit edebilir.
Sistem kontrolü	Güneş enerjisi sistemlerinin kontrolü ve optimizasyonunda yapay zeka önemli bir rol oynamaktadır. Örneğin, yapay zeka, panel açılarının ve konumlarının otomatik olarak ayarlanmasını sağlayarak maksimum enerji verimliliğini elde etmektedir.
Bakım ve onarım	Güneş enerjisi sistemleri, doğal olarak hava koşullarının etkisine maruz kalmaktadır ve bu nedenle düzenli bakım gerektirir. Yapay zeka, bu sistemlerin bakım ve onarım zamanlamalarını tahmin edebilir, arızaları tespit edebilir ve hatta bazı durumlarda onarımları uzaktan kontrol etme yeteneğine sahiptir.
Enerji yönetimi	Güneş enerjisi sistemleri, enerji yönetimi için kullanılabilmektedir. Yapay zekâ, enerji kullanımını izleyebilir ve enerji talebinin zamanlamasına göre güneş enerjisi sistemi ile bağlantılı diğer enerji kaynaklarını yönetebilmektedir.

Güneş enerjisi sistemlerinin verimliliğini ve ekonomik etkinliğini artırmak amacıyla yapay zekâ kullanımı büyük bir potansiyele sahiptir. Aynı zamanda, bu teknolojinin uygulanması, güneş enerjisi sistemlerinin güvenliği açısından da kritik bir önem taşır. Güvenlik önlemlerinin alınması ve sistemlerin korunması, yapay zekânın etkili bir şekilde entegre edilmesi için gereklidir [21].

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

3.3. Yenilenebilir Enerji Kaynaklarında Yapay Zekâ Kullanımı

Yenilenebilir enerji kaynaklarının verimliliğini artırmak ve daha sürdürülebilir bir enerji sistemi oluşturmak amacıyla yapay zeka, çeşitli alanlarda etkili bir şekilde kullanılmaktadır.

Güneş enerjisi, yenilenebilir enerji kaynakları arasında en yaygın olanlardan biridir. Yapay zekâ, bu alanda güneş enerjisi panellerinin verimliliğini artırmak için kullanılmaktadır. Örneğin, yapay zekâ, güneş panellerinin en uygun açı ve konumunu belirleyerek; bulutlu havalarda veya gün içindeki değişen ışık koşullarında panellerin enerji çıkışını optimize edebilir. Ayrıca, yapay zekâ destekli güneş takip sistemleri sayesinde, güneş panelleri sürekli olarak güneş ışığına en uygun pozisyonu alarak hareket edebilir[22].

4. MAKSİMUM GÜÇ NOKTASI İZLEYİCİSİ (MPPT)

Maksimum Güç Noktası İzleyicisi (MPPT), güneş panellerinden elektrik üretiminde hayati bir rol oynayan önemli bir teknolojidir. Bu sistem, coğrafi şartlar, güneşin konumu, hava durumu ve çevresel koşullara bağlı olarak üretilen elektrik enerjisinde maksimum verimliliği sağlamaya yardımcı olur.

Fotovoltaik sistemlerin yüksek maliyetleri, sıcaklık, güneşlenme süresi ve gölgelenme gibi sürekli değişen koşullar nedeniyle verim açısından bazı dezavantajlar doğurabilir. Üretilen fotovoltaik paneller, %100 verimlilikte değildir. Ancak, bu panellerin verimlerinin ideal seviyede olmaması, mevcut değişken koşullarda maksimum verim elde etme çabalarını engellemez.

Bir fotovoltaik (PV) sistemin çıkışındaki güç değerinin en yüksek olduğu nokta, gerilim ve akım grafiğinde maksimum güç noktası (MPP) olarak tanımlanır. PV panelleri, bu maksimum güç noktasında en verimli enerji çıkışını sağlar. MPP'de çalışmayı sürdürebilmek için, maksimum güç takip (MPPT) sistemleri geliştirilmiştir.

Bu dezavantajların en aza indirilmesi, çevresel etkiyle uyumlu bir şekilde çalışmaya bağlı olduğundan, maksimum güç elde etmek amacıyla MPPT sistemleri geliştirilmiştir. Bu sistemler, bir dönüştürücü ve bir denetleyici bileşenlerinden oluşmaktadır.

MPPT sistemlerinde, karar verme süreçlerini yöneten algoritmalar kullanılmaktadır. Bu algoritmalar, fotovoltaik (PV) sistemlerin sürekli olarak maksimum güç noktasında (MPP) çalışmasını sağlamak amacıyla geliştirilmiştir. Algoritmalar, panel akımı, gerilimi, ışınım miktarı ve sıcaklık gibi değerleri sensörler aracılığıyla toplar ve bu verileri kullanarak optimizasyon gerçekleştirir.

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

Güneş panellerinin verimlerini artırmak amacıyla çeşitli MPPT (Maksimum Güç Noktası İzleme) algoritmaları bulunmaktadır. Bu algoritmalar iki ana kategoriye ayrılabilir: geleneksel MPPT algoritmaları ve zeki MPPT algoritmaları. Geleneksel yöntemler arasında, Perturb and Observe (PandO), Incremental Conductance (Artan İletkenlik) ve Hill Climbing (Tepe Tırmanışı) gibi teknikler ile açık devre ve kısa devre yöntemleri yer alır. Öte yandan, zeki MPPT algoritmaları Yapay Sinir Ağları (YSA), Bulanık Mantık ve Parçacık Sürüsü Optimizasyonu (PSO) gibi modern yöntemleri kapsamaktadır.

MPPT sistemlerinde verim ölçümü için Avrupa Standardı olan EN 50530 geliştirilmiştir. Bu standart, kullanılan MPPT yöntemleri aracılığıyla tüm sistemin dinamik çevre koşulları altındaki performansını belirlemektedir. Ayrıca, MPPT algoritmalarının verimliliği de bu standart doğrultusunda değerlendirilmektedir.

Gelişen teknoloji sayesinde, PV paneller toplam elektrik enerjisi üretimindeki paylarını artırmaktadır. Bu artışla birlikte, operasyonel güç panellerinin çeşitliliği ve verimliliği daha da önem kazanmaktadır [23].

Fotovoltaik Güneş enerji panelleri ve yapay zeka uygulamaları ile ilgili yapılmış olan literatür çalışmaları aşağıda kısaca özetlenmiştir.

Nakir ve arkadaşları tarafından yapılan çalışmada Güneş Takip Sistemi (GTS), tek eksende ve çift eksende güneş takibi yaparak güneşin PV panele göre konumunu tespit etmekte ve panelleri bu yönde hareket ettirmektedir. Böylece, güneşten maksimum verim elde edilmesi hedeflenmiştir. Maksimum Güç Takip Sistemi (MGTS), panel üzerine düşen ışınım seviyesini en üst düzeye çıkararak panelden elde edilebilecek maksimum gücün yük veya depolama sistemine aktarılmasını hedefleyen önemli bir sistemdir. Bu sistem, panellerden alınan verimliliği artırmada kritik bir rol oynamaktadır [24]. Özer ve arkadaşları tarafından yapılan çalışmada, yapay sinir ağları (Artificial Neural Networks, ANN) ve k-en yakın komşu (k-NN) yöntemleriyle PV sistemlerde güç üretimini tahmin etmeyi amaçlamıştır. Ortam sıcaklığı, nem ve güneş ışınımı gibi çevresel veriler kullanılarak %98,79'a varan doğrulukla sonuçlar elde edilmiştir. Bu, makine öğrenimi yöntemlerinin PV sistem verimliliğini artırmadaki potansiyelini ortaya koymaktadır [25]. Akal ve ekibi tarafından yapılan bu çalışmada, yapay sinir ağları ve K-en yakın komşu (KNN) yöntemleri kullanılarak fotovoltaik panellerin güç üretimi tahmin edilmiştir. Gerçek saha verileriyle yapılan testlerde, yapay sinir ağı modelinin %98,79 doğruluk oranıyla en başarılı sonuçları verdiği gözlemlenmiştir. Bu çalışma, yapay zeka yöntemlerinin güneş enerjisi tahminindeki etkinliğini göstermektedir [26]. Özkan

tarafından yapılan çalışmada tasarlanan güç dönüştürücü sistemi, tüketicinin fotovoltaik (PV) enerji üretimi ve tüketimi bilgilerini bir veri tabanında kaydederek, kaydedilen bu verilere dayanarak gelecekteki PV üretim ve tüketim profilini gün ay ve mevsim bazında tahmin edebilme yeteneğine sahiptir. Çalışmanın sonunda geliştirilen sistem, enerjinin verimli şekilde kullanılmasına olanak tanımakla birlikte tüketicilere düşük karbon ayak izi sağlar ve böylece yeşil bina uygulamalarında kullanılabilir [27]. Sevdim tarafından yapılan çalışmada, sistemin kurulurken oluşturduğu maliyeti minimuma indirmek için yapay sinir ağları yardımıyla pv paneller ve rüzgar türbinleri kurulmadan önce, kurulacakları bölgeyi simüle ederek sistemin maksimum verim alacağı konuma kurulmasını amaçlanmaktadır. Yapılan deneyler Çorlu iklim şartlarında yapılmış olup gerçek değerler alınmıştır. Alınan bu değerler ile simülasyon yapılmış ve yapılan simülasyon sayesinde hangi konumda daha çok verim alınacağı, sistem kurulumunun ne kadar mümkün olduğu gibi durumlar önceden öngörülebilmektedir [28]. Temel tarafından yapılan bu çalışmada PV panellerin verimlerinin arttırılması amacıyla MATLAB/SIMULINK'te öğrenilen veriler yine MATLAB/SIMULINK'te simüle edilip çalıştırılarak verim karşılaştırması yapılmıştır. Bu çalışma ile PV sistemlerde derin öğrenme yöntemleri kullanılarak tasarlanan yapay zeka tabanlı MPPT sistemlerinin klasik MPPT algoritmalarına göre daha yüksek verim sağladığı ve gelecekteki araştırmalara yol gösterebileceğini ortaya koymayı amaçlamaktadır [29].

4. SONUÇ

Yapay zeka (YZ) teknolojileri, fotovoltaik (FV) güneş panelleri için çok çeşitli çalışmalarda kullanılarak çeşitli sorunlara çözümler sunmuş ve FV sistemlerin performansını önemli ölçüde iyileştirmiştir.

Elde Edilen Sonuçlar

1. **Enerji Verimliliğinin Artırılması**: Yapay zeka algoritmaları, FV panellerin enerji üretim kapasitesini maksimize etmek için kullanılmış ve enerji kayıplarını azaltacak çözümler sunmuştur. Örneğin, hava koşullarına adapte olan akıllı güneş takip sistemleri, enerji üretiminde %30'a kadar artış sağlamıştır.
2. **Tahmin Doğruluğunun Yükseltılması**: YZ tabanlı modeller, FV sistemlerin enerji üretim tahmininde %95'in üzerinde doğruluk sağlayarak hem güç çıkışının hem de enerji taleplerinin öngörülmesinde etkinlik göstermiştir.
3. **Arıza Tespitinde Yüksek Performans**: Konvolüyonel sinir ağları (CNN) gibi YZ modelleri, fotovoltaik panellerde mikro çatlak, kirlenme veya tozlanma gibi sorunları

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

tespit etmede %95'in üzerinde başarı göstermiştir. Bu da arıza kaynaklı enerji kayıplarının azalmasına katkı sağlamıştır.

4. **Bakım Maliyetlerinin Azaltılması**: YZ tabanlı arıza tespit sistemleri, fotovoltaik panellerin durumunu izleyerek ve anormallikleri belirleyerek zamana dayalı bakım yerine ihtiyaca dayalı bakım stratejileri sunmuştur. Bu sayede bakım maliyetlerinde önemli tasarruf sağlanmıştır.

Çözüm Bulunan Sorunlar

1. **Enerji Kayıpları**:
   - Kirlenme ve tozlanma gibi fiziksel sorunların enerji kaybına neden olduğu durumlarda, YZ modelleri bu sorunları tespit ederek önlem alınmasını sağlamıştır.
2. **Tahmin ve Planlama Zorlukları**:
   - Geleneksel yöntemlerle doğru öngörüler yapmak zordur. YZ, çevresel parametreleri (rüzgar hızı, sıcaklık, gökyüzü koşulları gibi) analiz ederek doğru tahminler yapmıştır.
3. **Maliyet ve Verimlilik Dengesizliği**:
   - Panellerin optimum çalışma koşullarında olmadığı zamanlarda enerji kaybı artmaktadır. YZ, gün boyu dinamik izleme ve optimizasyon yaparak bu sorunlara çözüm sunmuştur.

Modellenen Parametreler

YZ ile FV sistemlerde modellenen temel parametreler şunlardır:

- **Solar İşınımı**: Panelin maruz kaldığı güneş enerjisi miktarı.
- **Panel Sıcaklığı**: FV panellerin çalışma sıcaklığı, verimlilik üzerinde etkili bir faktördür.
- **Hava Koşulları**: Rüzgar hızı, nem, bulutluluk ve atmosferik toz miktarı gibi koşullar enerji üretimini etkiler.
- **Elektriksel Performans**: Akım, gerilim ve çıkış gücü gibi elektriksel parametreler.
- **Fiziksel Deformasyon**: Mikro çatlaklar, çerçeve bozulmaları veya malzeme eskimesi.

Genel Değerlendirme

Yapay zeka, fotovoltaik güneş panellerinin performansını artırmak, maliyetleri düşürmek ve sürdürülebilir enerji sistemlerini daha etkili hale getirmek için çok yönlü bir araç olarak ortaya çıkmıştır. Enerji verimliliği, tahmin doğruluğu ve maliyet optimizasyonu gibi çok kritik

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

alanlarda somut iyileşmeler sağlanmış, FV sistemlerin yenilenebilir enerji kaynakları içindeki stratejik önemi daha da artmıştır.

KAYNAKÇA

[1] Adedeji, O., Reuben, O., Olatoye, O., Global climate change. Journal of Geoscience and Environment Protection, 2(2), 114-122, 2014.

[2] Lal, R. ,Climate change and soil degradation mitigation by sustainable management of soils and other natural resources, Agricultural Research, 1, 199-212, 2012.

[3] Ertürk, O., Ertürk, A. E. Türkiye'de Yenilebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Üretimi Ve Cari Açık Üzerindeki Etkisi. In International Conference on Economic and Social Impacts of Globalization and Future of Turkey-EU Relations (pp. 103-113), 2018.

[4] Bilim, N., TÜRKİYE'NİN ELEKTRİK ENERJİSİ ÜRETİMİNDEKİ DIŞA BAĞIMLILIĞIN AZALTILMASI İÇİN UYGULANMASI GEREKEN POLİTİKALAR, Selçuk Üniversitesi Mühendislik, Bilim ve Teknoloji Dergisi, 4(2), 145-154, 2016.

[5] Torunoğlu Gedik, Ö. Türkiye'de yenilenebilir enerji kaynakları ve çevresel etkileri, 2015.

[6] **https://solargis.com/resources/free-maps-and-gis-data?locality=turkey** (Erişim tarihi: 16.12.2024)

[7] Şahin, Ö. Türkiyede Enerji Kaynakları ve Yenilenebilir Enerji ,2022.

[8] Holechek, J. L., Geli, H. M., Sawalhah, M. N., Valdez, R., A global assessment: can renewable energy replace fossil fuels by 2050?. Sustainability, 14(8), 4792, 2022.

[9] Wang, J., Azam, W. , Natural resource scarcity, fossil fuel energy consumption, and total greenhouse gas emissions in top emitting countries. Geoscience Frontiers, 15(2), 101757, 2024.

[10] Rahman, A., Farrok, O., Haque, M. M., Environmental impact of renewable energy source based electrical power plants: Solar, wind, hydroelectric, biomass, geothermal, tidal, ocean, and osmotic. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 161, 112279, 2022.

[11] Sebestyén, V., Renewable and Sustainable Energy Reviews: Environmental impact networks of renewable energy power plants. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 151, 111626, 2021.

[12] Strielkowski, W., Civín, L., Tarkhanova, E., Tvaronavičienė, M., Petrenko, Y., Renewable energy in the sustainable development of electrical power sector: A review. Energies, 14(24), 8240, 2021.

[13] Ahmad, T., Zhang, D., Huang, C., Zhang, H., Dai, N., Song, Y., Chen, H., Artificial intelligence in sustainable energy industry: Status Quo, challenges and opportunities. Journal of Cleaner Production, 289, 125834,2021.

[14] Joon, R. Renewable energy sources: a review. In Journal of Physics: Conference Series ,Vol. 1979, No. 1, p. 012023, IOP Publishing, 2021.

[15] Jaiswal, K. K., Chowdhury, C. R., Yadav, D., Verma, R., Dutta, S., Jaiswal, K. S., Karuppasamy, K. S. K., Renewable and sustainable clean energy development and impact on social, economic, and environmental health. Energy Nexus, 7, 100118, 2022.

[16] Kalogirou, S. A., Solar energy engineering: processes and systems. Elsevier,2023.

[17] Ollas, P., Energy savings using a direct-current distribution network in a pv and battery equipped residential building ,Master's thesis, Universidade Tecnica de Lisboa Portugal, 2020.

[18] Ghezelayagh, M., Protection Control Systems of Solar Power Plants:(Small, Medium , Large): Solar Energy, Solar Power Plants, Protection and Control Systems, Guidelines/Standards, PV systems fault finding, PV systems testings, Disturbances/Fire incident. Dr. Maty Ghezelayagh, 2021.

[19] Korteling, J. H., van de Boer-Visschedijk, G. C., Blankendaal, R. A., Boonekamp, R. C., Eikelboom, A. R., Human-versus artificial intelligence. Frontiers in artificial intelligence, 4, 622364, 2021.

[20] Dong, Y., Hou, J., Zhang, N., Zhang, M., Research on how human intelligence, consciousness, and cognitive computing affect the development of artificial intelligence. Complexity, 2020(1), 1680845, 2020.

[21] Xu, Y., Liu, X., Cao, X., Huang, C., Liu, E., Qian, S., ..Zhang, J. ,Artificial intelligence: A powerful paradigm for scientific research. The Innovation, 2(4), 2021.

[22] Sevdim, R. E. ,Yenilenebilir enerji kaynaklarının hibrit kullanımını yapay zeka ile modellemesi ,Master's thesis, İstanbul Gelişim Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 2018.

[23] N. Kumar, I. Hussain, B. Singh ve BK Panigrahi, "Kendinden Tahminli Bozma ve Gözlem Algoritması Kullanılarak Güneş PV Panelinden Maksimum Güç Çıkarımının Çerçevesi", IEEE Sürdürülebilir Enerji İşlemleri'nde , cilt 9, sayı 2, ss. 895-903, 2018.

[24] Nakir, İ. Fotovoltaik Güneş Panellerinde GTS Ve MGTS Kullanarak Verimliliğin Arttırılması. (Yüksek Lisans Tezi). Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul,2007.

[25] Özer, D., , Aksoy, B. YAPAY ZEKÂ UYGULAMASI İLE GÜNEŞ PANELİ SİSTEMİ ENERJİ ÜRETİMİ TAHMİNİ. Yalvaç Akademi Dergisi, 9(2), 138-151,2024.

[26] Akal, D., Umut, İ. , Fotovoltaik Panellerde Güç Tahminlenmesi için Yapay Zekâ Yöntemlerinin Kullanılması. Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi, 19(2), 435-445, 2022.

[27] Özkan, E. Bulanık Mantık Tabanlı Yapay Zekâ Fotovoltaik Güç Dönüştürücü Sistem Tasarımı. Karadeniz Fen Bilimleri Dergisi, 13(2), 456-482,2023.

[28] Sevdim, R. E., Yenilenebilir enerji kaynaklarının hibrit kullanımını yapay zeka ile modellemesi (Master's thesis, İstanbul Gelişim Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü), 2018.

[29] Temel, H. İ. , Yapay zeka temelli maksimum güç noktası takibi (Master's thesis, Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü), 2021.

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

ANIZ YANGININ KÜRESEL ISINMAYA ETKİSİ

Prof. Dr. Mehmet Ali KIRPIK[3]

Kafkas Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi Biyoloji Bölümü, Kars-Türkiye

Orcid: 0000-0003-0156-8127,

mhmtalikrpk@gmail.com

ÖZET

Ekimi veya tarımı yapılan tüm kültür bitkilerinin ve özellikle de buğdaygiller ile mısır bitkisinin hasat edilmesinden sonra toprakta kalan kısımlarına ANIZ denir. Toprağın hasattan hemen sonra bir sonraki ürünü ekmek için yeniden kullanılmasına bağlı olarak anız bir yerde toplanarak veya arazi üzerindeki kalan kısmı toplanmadan çiftçiler tarafından yakılmaktadır. Anız yakmadaki esas amaç, hasadın hemen peşine toprak işlenip yeni bir ürün ekilebilmesi için arazinin işlenmesinde ve yeni ekilen tohumun çimlenmesindeki güçlüklerden dolayı anız yakılmaktadır. Bütün canlıların yapı taşları hücredir. En basit yapılı canlıdan en gelişmiş yapılı canlıya kadar bütün canlıların vücutları bir hücreden veya çok sayıda hücreden meydana gelir. Bir hücrenin yapısında temel olarak C,H,O ve N elementleri bulunur ve bu elementler hücreyi oluşturan biyomoleküllerin temel yapısını oluşturur. Bitkilerin tamamıda bu biyomoleküllerden ve hücrelerden meydana gelir.

Doğal madde döngüsü ile topraktan alınan bu maddelerin tekrar toprağa verilmesi gerekir. Ancak anız olarak adlandırılan bitkinin bu kısmı yakıldığı için doğadan alınan bu maddelerin yanarak kül olmasına ve doğaya tekrar verilmesinin engellenmesine neden olur. Yanma tamamen bir kimyasal reaksiyon olup geri dönüşümü yoktur. Yani anız yangını ile yanan materyaller geri dönüştürülemez ve doğaya kazandırılamaz olduğu için sürekli olarak doğal kaynakların azalmasına neden olur. Anız yangını beraberinde birçok olumsuzluğu da beraberinde getirir. Yanma ile oluşan yüksek ısı toprak yüzeyinin ve belli derinliğe kadar olan kısmının ısınmasına neden olur. Bu ısınma toprağın yapısını bozarak birçok mineralin yok olmasına ve bozulmasına neden olduğu gibi toprakta çok önemli görevleri olan mikro flora ve faunanın da yok olmasına neden olur. Ayrıca doğal yaşamdaki birçok omurgalı ve omurgasız

[3] Prof. Dr. Mehmet Ali KIRPIK
Kafkas Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi Biyoloji Bölümü, Kars-Türkiye
Orcid: 0000-0003-0156-8127,
mhmtalikrpk@gmail.com

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

hayvanın telef olmasına neden olur. Anız yangınının en önemli olumsuz etkilerinden biri ise CO ve CO_2'den oluşan duman atmosferde sera gazlarının fazlalaşmasına neden olur. Sera gazlarının atmosferde aşırı derecede birikmesi sonucu dünyamızda son zamanlarda sıkça doğal afetler yaşanmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Anız, Anız yangını, Doğal Denge, Küresel Isınma, Fauna, Flora.

1. GİRİŞ

Ekimi veya tarımı yapılan tüm kültür bitkilerinin ve özellikle de buğdaygiller ile mısır bitkisinin hasat edilmesinden sonra toprakta kalan kısımlarına ANIZ denir. Toprağın hasattan hemen sonra bir sonraki ürünü ekmek için yeniden kullanılmasına bağlı olarak anız bir yerde toplanarak veya arazi üzerindeki kalan kısmı toplanmadan çiftçiler tarafından yakılmaktadır. Ülkemizin çoğu yerinde olduğu gibi Güney Doğu ve Doğu Anadolu bölgesinde de buğday hasadından sonra buğdayın toprakta kalan kısmının parçalanamamasından dolayı, çiftçilerin bilinçsizce anızı yakmak zorunda kaldıkları belirtilmiştir (Gürsoy, 20129).

Anız yakmadaki esas amaç hasadın hemen peşine toprak işlenip yeni bir ürün ekilmesi durumunda arazinin işlenmesinde ve yeni tohumun çimlenmesinde, anız zorluklara neden olduğu için yakılmaktadır. Bütün canlıların yapı taşları hücredir. En basit yapılı canlıdan en gelişmiş yapılı canlıya kadar bütün canlıların vücutları bir hücreden veya çok sayıda hücreden meydana gelir. Bir hücrenin yapısında temel olarak C,H,O ve N elementleri bulunur ve bu elementler hücreyi oluşturan biyomoleküllerin temel yapısını oluşturur. Bitki ve hayvanların tamamı da bu biyomoleküllerden ve hücrelerden meydana gelir (Kırpık ve ark., 2022).

Doğal madde döngüsü ile topraktan alınan bu maddelerin tekrar toprağa verilmesi gerekir. Ancak anız olarak adlandırılan bitkinin bu kısmı yakıldığı için doğadan alınan bu maddelerin yanarak kül olmasına ve doğaya tekrar verilmesinin engellenmesine neden olur (Temel, 2012).

Yanma tamamen bir kimyasal olup geri dönüşümü yoktur. Yani anız yangını ile yanan materyaller geri dönüştürülemez ve doğaya kazandırılamaz olduğu için sürekli olarak doğal kaynakların azalmasına neden olur. Anız yangını beraberinde birçok olumsuzluğu da beraberinde getirir.

Yanma ile oluşan yüksek ısı toprak yüzeyinin ve belli derinliğe kadar olan kısmının ısınmasına neden olur. Bu ısınma toprağın yapısını bozarak birçok mineralin yok olmasına ve bozulmasına neden olduğu gibi toprakta çok önemli görevleri olan mikro flora ve faunanın da yok olmasına

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

neden olduğu bilinmektedir. Yüksek ısı toprağın ısınan kısımdaki neminin de atmosfere karışmasına neden olarak toprağın kurumasına neden olur ve ayrıca doğal yaşamdaki birçok omurgalı ve omurgasız hayvanın telef olmasına neden olur.

Hem çevreye hem de toprağın yapısına ciddi zararlar verdiği için anız yangınının hiç tavsiye edilmediği belirtilmektedir (Cerit ve ark., 2002).

Anız yangınının en önemli olumsuz etkilerinden biri ise CO ve CO_2'den oluşan duman atmosferde sera gazlarının fazlalaşmasına neden olur. Sera gazlarının atmosferde aşırı derecede birikmesi sonucu dünyamızda son zamanlarda sıkça doğal afetler yaşanmaktadır. Anız yakma ile toprakta C tutulumunun azaldığı ve atmosferik C miktarının arttığı belirtilmekte olup anızın parçalanmasıyla hem toprağı bir arada tutulmasını ve organik maddelerde C'un tutulmasını sağlamakta olduğu belirtilmiştir (Rastogi ve ark., 2002).

2. SONUÇLAR VE DEĞERLENDİRME

2.1. Anız ve Anız Yakma

Bitkilerin ve hayvanların Kimyasal Yapısı: canlılığın temel birimine hücre denir. Yani canlılar ya tek bir hücreden ya da çok sayıda hücreden oluşur. Buna bağlı olarak canlıları tek hücreli canlılar ve çok hücreli canlılar olarak iki büyük gruba ayırabiliriz. Gerek hayvanlarda gerek se bitkilerde hem tek hücreden oluşan hem de çok sayıda hücreden oluşan toplam 3,5 milyon tür bulunmaktadır. İster hayvan ister bitki olsun hepsinin temel yapı taşı hücre olup tüm hücrelerin yapısı yaklaşık olarak birbirine benzer. Bunlardan bitki hücreleri birbirlerine ve hayvan hücreleri de birbirlerine daha çok benzerler. Bitki hücrelerinin yapısında çok sayıda kimyasal madde bulunur. Ancak bu kimyasal maddeler arasında olmaz ise olmaz olan 4 temel kimyasal element var ki bunlar C (Karbon), H (Hidrojen), O (Oksijen) ve N (Azot)'tur. Canlının ve canlılığın temel taşı olan hücrenin ana çatısını ve yapısını oluşturan bu elementlerin doğada bulunma oranlarına bakıldığında C yerkabuğunun %0.2, H %90, O %21 ve N %78'ni oluşturur (Demirsoy, 1991).

Yeşil yapraklı bitkiler güneş ışığında bu temel maddeleri kullanarak fotosentez yaparlar. Fotosentez her soluk alıp verdiğimizde kullandığımız hava içindeki oksijeni ve besin olarak günlük tükettiğimiz gıdaları oluşturur. Bitkiler güneş ışığında oksijen ve besin üretirken bu 4 temel kimyasal elemente mutlak ihtiyaç duyarlar. Bitkiler su, karbon (C), hidrojen (H), ve azotu (N) kökleriyle topraktan alırken, O_2 ve CO_2'i de yapraklarıyla atmosferden alarak solunum ve fotosentez yaparlar. Ülkemizin hemen hemen her yerinde ürün hasatları yapıldıktan sonra

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

ürünlerin arazide kalan kısmı ANIZ olarak adlandırılmaktadır. Bilinçli ya da bilinçsizce bunların yakılmasına da ANIZ yakma adı verilir. Yakma ile ekilecek alanın daha temiz ve toprağın işlenmesinin daha kolay olması amaçlanmaktadır. Bu amaçla hasattan arta kalan kısımlar ve döküntüler toplanarak yakılmaktadır. Bir yıl içerisinde birden fazla ürün yetiştirmek için yapılan bu işlem Çukurova'da daha fazla olmaktadır. Anız yangınlarının yaklaşık %88'nin tamamen bireysel nedenlerden dolayı meydana geldiği, anız yangınının %76 oranında tüm canlılara zarar verdiği ve çiftçilerin %71'nin ise üretimde yaşanan verim kaybından dolayı ekonomik kayba uğradıkları belirtilmiştir (Gülistan ve ark., 2016). Anız yangınlarının tamamının bireysel nedenlerden kaynaklanmadığı, iş makinalarından çıkan kıvılcımlardan, kontrolsüz olarak yakılan ve bırakılan ateşten ve sigara izmaritlerinden çıktığı belirtilmektedir (Bulut, 2005).

Yakma ve yanma kimyasal bir reaksiyon olup geriye dönüşü yoktur. Yani hasattan geriye kalan bitki parçalarının yanmasıyla, yapılarındaki C,H,O ve N ile daha birçok element kül olmakta ve doğadaki miktarları azalmaktadır. Şayet yakma yerine bitki atıkları toprağa karıştırılır ise topraktan alınan bu elementler tekrar toprağa kazandırılacak ve topraktaki bu elementlerin miktarları sabit kalacaktır. Yani bu bitkisel atıklar toprağa karıştırıldığında toprakta bulunan çürükçül ve ayrıştırıcı canlılar tarafından en küçük yapılarına kadar parçalanıp toprağa kazandırılacaktır. Böylece bitkiler topraktan aldığını tekrar toprağa vermiş olacak ve topraktaki madde miktarı korunmuş olacaktır.

Anız yangını ile özellikle Akdeniz bölgesinde, buğdaygiller ve mısır hasadından sonra atmosfere aşırı CO ve CO2 gibi sera gazları salınmakta, atmosfer yerel olarak çok kirlenmekte bu kirlilik çok uzaktan belirgin olarak görülmektedir. Ayrıca yanmadan geriye kalan ve atmosfere karışan kul ve benzeri partiküller günlük hayatı, ev hayatını etkilemekte, solunum yolları rahatsızlığı olan hastaları olumsuz etkilemektedir. Atmosfere salınan CO ve CO2 gazlarının atmosferde birikmesi atmosferin daha fazla ısınmasına yani küresel ısınmaya negatif katkı sağlamaktadır.

Ayrıca toprağın mikrobiyolojik yapısına bakıldığında, yanmadan dolayı aşırı derece toprak ısındığı için toprak ve bitkiler için yararlı olan birçok mikro organizma ölmektedir. Bu durum toprağın verimsizleşmesine neden olmaktadır. Verimin düşük olması durumunda çiftçilerimiz kimyasal gübre ve buna bağlı olarak tarımsal ilaç kullanarak üretim yapmakta, bu durum genel sağlık durumunu olumsuz etkilemektedir. Ülkemizde başta kanser olmak üzere birçok sağlık sorununun temelinde tarımdaki bu yanlış uygulamalar yatmaktadır.

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

Çiftçilerin ve tarımla uğraşanların; doğal döngü ve denge konusunda eğitilmeleri, anız yangını konusunda bilinçlendirilmeleri, küresel ısınma ve iklim değişikliği gibi ciddi bir tehlike konusunda eğitilmeleri, ekolojik, organik ve sürdürülebilir bir tarım bilinci oluşması için eğitilmeleri amaçlanmıştır.

3. GENEL DEĞERLENDİRME VE SONUÇLAR

Jeoloji-Biyoloji tarihine baktığımızda geçirmiş olduğu son buzul devir olan Kuaterner buzullaşmasından sonra sıcaklığın pozitif olarak artmasıyla normalleşen dünyamızın biyoçeşitliliği normal halini almaya başlamıştır. Son buzullaşmadan sonraki normalleşme dönemi günümüzden yaklaşık 150-200 yıl önce yavaş yavaş yerini soğumaya bırakması gerekirken insan faktörü sayesinde çevreye salınan çeşitli sera gazları (CO, CO2 CH4, su buharı vb.) ile dünyamız ısınmaya devam etmiştir. Artan insan nüfusu, sanayi ve teknolojik gelişmelere bağlı olarak tarımda makineleşme ile birlikte karasal, denizel ve hava ulaşımının artması fosil yakıtın kullanımının çok artmasına, "Küresel Isınmaya ve İklimin Bozulmasına" olumsuz yönde katkı sağladığı söylenebilir. Tüm canlıların metabolizmaları, atıkları ve ölümlerinin sonucunda açığa çıkan CO_2 ve diğer sera gazlarının atmosferde birikmeleri ve olumsuz etkilerinin şayet fosil yakıtlar olmasa bunun tolere edilebileceği düşünülmektedir. Ancak artan fosil yakıt kullanımı ile atmosfere salınan CO, CO_2 gazları ciddi oranda artmıştır. Ayrıca canlıların metabolizmaları sonucu, atık maddelerin ve canlı atıklarının parçalanması ile sera gazlarının salınımı artmış buda küresel ısınma ve iklim bozulmasına neden olmaktadır. Bunlara ilave olarak da yüzey alanlarının genişlemesiyle durgun sulardan da buharlaşmalar aşırı derece artarak atmosferde su buharının artmasına neden olmuştur. Su buharının da önemli sera gazlarından olduğu söylenebilir. Belirtilen tüm bu olumsuzlukların yanı sıra, uzun zamandır dünyanın dört bir yanında görülen anız yangınları sonucunda oluşan yüksek ısı topraktaki mikroflora ve mikrofaunanın zarar görmesine neden olmuştur. Bu durum bu gün toprağın verimsizleşmesinin ana nedeni olarak görülmektedir. Anız yangınları ile topraktan alınan organik ve inorganik maddelerin kül olmasından dolayı toprak ciddi anlamda mineral yönünden zayıflamaktadır. Ayrıca toprağın mineral yönünden zayıflamasında tarım arazilerinin çoklu tarım uygulamaları yüzünden de çoraklaştığı ve verimsizleştiği bilinmektedir. Tarımla uğraşan insanlar toprağım verimsizleşmesinde kendi yanlış ve bilinçsiz uygulamalarının olduğunu bilmediğinden zayıflayan ve verimsizleşen toprağa kimyasal gübre uygulayarak verimi artırma yoluna gitmektedirler. Kimyasal gübreler toprağın mikroflora ve mikrofaunasını değiştirdiği için tarım alanlarında yeni yeni paraziter hastalıkları oraya çıkmasına neden olmuş, bu da zirai mücadele kapsamında pestisit kullanımının önünü açmıştır. Biyolojik mücadele yerine zirai

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

mücadele çiftçiler tarafından daha hızlı ve kesin çözüm olarak görüldüğünden, günümüzde pestisitlerin zirai ilaç olarak doğada kalıcılık sürelerine dikkat edilmeksizin çiftçiler tarafından tarım alanlarına uygulandığı görülmektedir. Tarım alanlarına bilinçsiz olarak uygulanan bu ilaçların bitki sağlığı, hayvan sağlığı ve insan sağlığını ciddi olarak etkilediğinden dolayı son derece önemli olduğu unutulmamalıdır.

4. ÖNERİLER

Anız yangınlarının tarımsal alanlara, doğal yaşamdaki canlılara ve insan sağlığına olan olumsuz etkilerinin özellikle tarımla uğraşan ve yereldeki insanlara tüm ayrıntıları ile anlatılması gerektiği düşüncesindeyiz. Tarımsal alanlarda meydana gelen anız yakmanın, yerleşim alanlarına, doğal yaşam alanları ve ormanlık alanlara da sıçraması ile ekosisteme verilen zarar kat ve kat artmaktadır. Tarımla uğraşan insanların en önemli anız yakma gerekçelerinden olan anızın çok küçük parçalara ayrılmasını sağlayacak teknolojik tarımsal aletlerin üretilmesinin teşvik edilmesi gerektiği kanaatindeyiz. Anız yakmaya karşı cezai müeyyidelerin artırılmasının yanı sıra anız yakmayı önleyecek ciddi tarımsal desteğin verilmesinin önemli olacağı kanaatindeyiz. Kırsal kesimde doğal yaşam ile iç içe olan tüm insanların Biyoloji, Ekoloji, Ekosistem ve Biyoçeşitlilik konusuna “Ekolojik Okur-Yazarlık ve Halk Biyolojisi” adı altında bilinçlendirme eğitimlerinin verilmesi gerektiği görüşündeyiz (Kırpık, 2024). Anız yangınları Küresel Isınma ve İklim Bozulmasına ciddi anlamda olumsuz katkı vermektedir, bunun için anız yangınlarının azaltılması ve hatta ortadan kaldırılması için, ilgili kamu ve özel kurumlar, bilim insanları ile yereldeki insanların bir araya gelerek çözüm üretmeleri gerektiği görüşündeyiz.

KAYNAKÇA

Kırpık, M.,A., Ayaz, Y., Çelebi, Y., Kılıçer, S., Çağlar, A., *İklimin Hafızası*, Biyosistem Müh Derg 3(2): 78-97, 2022

Temel, M., *Biçerdöver ve Anız Yangınları*, Türkiye Ziraat Odası Yayınları, sayı:442, 2012.

Gürsoy, S., *Diyarbakır İlinde Uygulanan Buğday anızı ve Sapı Yönetim Sistemlerinin Değerlendirilmesi*, YYÜ Tar Bil Dergi 22(3): 173-179.

Cerit, İ, Turkay M.A., Saruhan, H., Şen, .H., M., Ülger, A.,C., Kirişçi, V., Korucu, T., Say, S., 2002, *İkinci Ürün Mısır Yetiştiriciliğinde ekim Öncesi Buğday Anızının Yakılmasına Alternatif Bazı Toprak işleme Metodlarının Belirlenmesi,* Tarım ve Köyişleri Bakanlığı Tarımsal Araştırmalar Genel Müdürlüğü, Proje Kod No: TAGEM/TA/00/01/06/08.

Gülistan, E., Erdal, Hl. ve Yavuz, H., *Anız Yakma ve Çiftçi Bilinç Düzeyi*, Türk Tarım-Gıda Bilim ve Teknoloji Dergisi, 4(8): 662-667, 2016.

Rastogi, M., Signh, S., Pathak, H., *Topraktan Karbondioksit Emisyonu*, General Article Curren Science, No:5, 2002.

Demirsoy, A., *Yaşamın Temel Kuralları, Genel Biyoloji-Genel Zooloji, Cilt 1 Kısım 1, 4. Baskı*, 1991.

Bulut, İ., *Türkiye'de Önemsenmeyen Yeni Bir Beşeri Çevre Felaketi: Anız Yakma ve Sonuçlarına Coğrafi Bir Yaklaşım*, Tabiat ve İnsan Dergisi, sa, 4, ss: 5-11, 2000.

Kırpık, M.A., *Ekolojik Okur-Yazarlık ve Halk Biyolojisi*, UMTEB-XVI International Scientific Research Congress December 6-8 s 53-54, 2024.

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

KÜRESEL ISINMA VE İKLİM BOZULMASINA ADAPTASYONDA DOĞAL YAŞAM REHPERİ

Prof. Dr. Mehmet Ali KIRPIK[4]
Kafkas Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi Biyoloji Bölümü, Kars-Türkiye
Orcid: 0000-0003-0156-8127,
mhmtalikrpk@gmail.com

ÖZET

Günümüzde iklimde meydana gelen ani değişimler "iklim değişikliği" olarak ifade edilmektedir. Bu kavram aynı zamanda "iklim bozulması" yerinde de kullanılmaktadır. "İklim değişikliği" çeşitli fiziksel faktörlerin etkisinin birlikte ve uzun bir periyotta meydana getirdiği bir sonuç olarak ortaya çıkmaktadır. Küresel ısınma ve iklim değişikliği kavramı ortaya çıkmadan önce iklimler çok az değişim göstermekteydi. İkilimi meydana getiren bileşenlerin iklime katkı oranları değiştiğinden, günümüzde ortaya çıkacak sonuçlar tahmine edilemez bir hale gelmiştir. İklimin bozulması sebebiyle doğadaki biyoçeşitliliği oluşturan türlerin doğadaki eliminasyonu daha da hızlanmıştır. Ekolojik şartlardaki değişim ile bazı türlerin daha belirlenemeden bu gün olmaya başlamıştır. Ülkemiz ve dünya ülkelerinde biyoçeşitliliği oluşturan türlerin bir an önce biyolojik tespit edilmesi ve tür envanterinin tamamlanması bir zorunluluk haline gelmiştir. Ekosistemlerde yaşamını sürdüren bitki türlerinin değişen şartlara adaptasyon tercihlerinin belirlenerek kayıt altına alınması oldukça önemlidir. Doğadaki bitkilerin tespit edilen adaptasyon tercihleri, hayvanlar ve insanlar için doğal yaşam rehberi mahiyetinde olacağı düşünülmektedir.

Anahtar Kelimeler: Küresel Isınma, iklim Bozulması, Doğal Yaşam, Adaptasyon, Doğal Yaşam Rehberi.

[4] Prof. Dr. Mehmet Ali KIRPIK
Kafkas Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi Biyoloji Bölümü, Kars-Türkiye
Orcid: 0000-0003-0156-8127,
mhmtalikrpk@gmail.com

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

GİRİŞ

Jeoloji-Biyoloji tarihine baktığımızda dünyamızın oluştuğundan günümüze kadar ki olan süreçte çok kez buzul devir ve ardından normalleşme dönemi yaşamış olduğu anlaşılmaktadır. Son buzullaşma dönemi olarak bilinen kuaterner buzul döneminden sonra gelen normalleşme döneminin arkasından gelmesi beklenen soğuma dönemi maalesef gelmemiş ve dünyamız ısınmaya devam etmiştir. Küresel ısınmanın artarak devam etmesinde hiç kuşkusuz dünyamızın artan nüfusunun etkisinin olduğu söylenebilir. Hatta insan kaynaklı ve insan müdahalesi nedeniyle normal döngüsüne devam edemeyen dünyamızın iklim bozulması şeklinde meydana gelen büyük bir tehdit ile karşı karşıya kaldığı görülmektedir. Dünya nüfusunun artmasıyla doğal kaynakların aşırı derece kullanılması ve tüketilmesi sonunda atık madde olarak ortaya çıkan unsurların neden olduğu kirlilik ve tahribat artık had safhaya ulaşmıştır. Özellikle dünyanın sanayileşme devri ile birlikte aşırı derecede fosil yakıt kullanımı artarak devam etmiştir. Ulaşım ve tarımda kullanılan fosil yakıtlar ile ısınma ve barınma amaçlı kullanılan yakıtlardan dolayı atmosfere ciddi anlamda kirletici gazlar salınmaktadır. Artan nüfusun temel gıda ihtiyacını ve diğer ihtiyaçlarını karşılamak için tarım alanları çok fazla kullanılmaya başlanmış olup bu durum beraberinde ciddi sorunları getirmiştir. Sanayileşme ile birlikte gelişen teknoloji aynı zamanda tarım alanlarının da aşırı derece kullanılmasına beraberinde getirmiştir. Tarım alanlarının bir kısmını dinlendirmek amacıyla nadasa bırakma dönemi çok eskide kalmış, nadasa bırakma yerine aynı tarım alanında ikili hatta üçlü tarım yapma dönemi başlamıştır. Bu durum tarım alanlarının doğal yapısında bulunan bazı minerallerin tükenmesine ve toprağın doğal yapısının kaybolmasına neden olmaktadır. Bu durumda tarımsal alanlar her geçen gün biraz daha verimsizleşmiş ve çoraklaşmış olup yeni tarım alanlarının açılmasına neden olmuştur. Yeni tarımsal alanların açılması yeşil alanlar ile ormanlık alanların azalmasına neden olmaktadır. Koca bir habitat olarak kabul edilen dünyada ilk zamanlardan bu yana canlılık faaliyetleri sonunda doğada bir denge kurulmuş ve bu denge sürekli bir devinim halinde günümüze kadar gelmiştir. İlkin dünyadan günümüze kadar olan canlılık faaliyetleri sonunda açığa çıkan ve bugün sera gazları olarak adlandırdığımız gazların atmosferde ve genel iklim stratejisi içerisinde döndürülebildiği halde, kuaterner buzullaşmasının hemen ardından meydana gelen normalleşme sonunda insan faktörü devreye girmiş ve atmosfere aşırı derecede sera gazları salınmıştır. Sanayi ve teknolojideki bu gelişme ile birlikte atmosfere salınan sera gazlarıda artarak maalesef günümüzde de devam etmektedir. En önemli sera gazlarından olan "CO, CO2, Metan ve Su Buharı" gibi gazların atmosfere salınımlarını belirtilmiştir (Güzel ve ark., 2014). Sera gazlarının fiziksel ve kimyasal özellikleri nedeniyle yapılarında fazla miktarda

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

ısı tutabilme kapasiteleri nedeniyle burada meydana gelen 1 ºC'lik bir ısınma dünyamıza sera etkisiyle yaklaşık 10oC olarak etki etmektedir. Küresel Isınma ve İklim Değişikliği olarak adlandırılan bu durumun emarelerini hemen hemen her gün dünyamızın dört bir yanında görmekteyiz. Küresel ısınma etkisiyle meydana gelen iklim değişikliği ibaresi yerine "İklim Bozulması" demek daha mantıklı ve bilimsel olduğu ortadadır. Çünkü iklimdeki ani, kararsız ve kuralsız olan bu farklılaşma düzenli bir başka formata dönüşme şeklinde olmamaktadır. Her yeni iklimsel olay olarak kabul ettiğimiz yağış vs. olayları hiçbir zaman bir önceki ve bir sonraki ile uyuşmamakta her iklimsel olay kendi başına ve kendine has özellikleriyle meydana gelmektedir. Yani düzenli bir dönüşümün olduğunu söylemek mümkün değildir, bu nedenle iklim değişikliği demek yerine iklim bozulması demek daha mantıklı ve bilimsel olduğu söylenebilir. Tüm bu olumsuzlukların meydana geldiği dünyamızda tüm ekosistemler ve biyoçeşitlilik bir denge halinde olmuş ve olmaya devam etmek durumunda ancak değişen iklimsel şartlar ekosistemleri ve biyoçeşitliliği ciddi anlamda olumsuz olarak etkilemektedir. Dünya ekosisteminin içerisindeki bu durumdan çıkması için elbetteki tüm insanlığın görev ve sorumlulukları bulunmaktadır. Ancak çok hızlı bir bozulmanın ve adeta yok oluşa doğru giden dünyamızı kurtarmak için alışılagelmiş ya da geçici çözümler yerine kalıcı ve sonuç verici çözümler üretme zamanı gelmiş bulunmaktadır. Kutlay (2017) TEMA Dünyanın Durumu adlı eserinde dünyanın hızlı bir şekilde geri dönüşümsüz yola gittiğini ve ortalama 10 yıl sonra çok keskin önlemler alınsa da dahi geri dönüşümün olamayacağı belirtilmektedir. Çok sayıda bilimsel makaleden oluşan bu eserde adeta çok fazla zaman kalmadığını ve tüm insanlığın acil önlem alması gerektiği vurgulanmaktadır. Bu bağlamda tüm insanlığın üzerine düşen görev ve sorumluluklarını yerine getirmesi şart ve kaçınılmaz durumda iken, üniversitelerde; Biyoloji, Ekosistem, Ekoloji ve Biyoçeşitlilik gibi konularda lisans eğitimi veren birim ve kuruluşlara çok fazla görev ve sorumluluk düştüğünü, bu birimlerin, lisans programlarının yapılaşma ve müfredatlarını bu tehlikeye karşı nasıl adapte olunacağı ve tehlikenin etkisini nasıl azaltacağı konuları kapsamında güncellemeleri gerekmektedir (Kırpık, 2024).

2. SONUÇLAR VE DEĞERLENDİRME

Küresel ısınmanın etkisiyle iklimde meydana gelen bozulma ekosistemleri etkileyen ekolojik şartların, ekolojik faktörlerinde değişmesine neden olmuş ve olmaktadır. Değişen ekolojik şartlara bağlı olarak ekosistemlerin şartları değiştiğinden dolayı biyoçeşitlilikte ciddi bir değişiklik ve hareketliğin olduğu ortadadır. Çok kısa bir zaman önce tüm dünyanın yaşamış olduğu Covid-19 pandemisi buna en güzel örneklerden biridir. Uzun yıllardır oluşmuş

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

ekosistemlerin işleyişinde etkili olan ekolojik faktörlerin değişmesiyle ekosistemin nereye doğru evrileceğini kestirmek mümkün olamamaktadır. Ekosistem şartlarının değişmesine bağlı olarak ülkemizde ekzotik ve istilacı türlerin sayısı gün geçtikçe artmaktadır. Ekzotik ve istilacı türlerin artmasıyla ekosistemlerin işleyişlerinde ve yönetilmesinde ciddi değişimlerin ve sorunların olacağı belirtilmektedir (Kırpık, 2018). Biyolçeşitliliğe kazandırılmadan bazı türlerin ekosistemden kaybolma frekanslarının artacağı, bilinen türlerinde soylarının değişen çevresel şartlardan dolayı tehlike altında olduğunu söylemek mümkündür. Uzun yıllar normal olarak işleyen ekosistemlerde bazı türler inaktif durumda varlıklarını devam ettirmekte iken değişen ekolojik ve çevresel faktörlerin etkisiyle aktif hale gelebilme ihtimalleri yüksektir. Hatta bazı türlerin patojenite özelliklerini kazanmaları tüm canlılık için tehlikeli ve pandemiye sebep olmaları kuvvetle muhtemeldir. Bozulan iklim koşullarında canlıları üç büyük kategoriye ayırarak ele almak gerektiği düşüncesindeyiz. Bu üç büyük grup, insanlar, doğal yaşamdaki canlı grupları ile kültürü yapılan canlı grupları olarak adlandırılabilir. Gerek hayvanlar âleminden gerekse bitkiler âleminden kültürü yapılan canlıların bu iklim bozulmasından daha çok etkilenebilecekleri unutulmamalıdır. Bu nedenle iklim bozulmasının etkilerinin neler olduğunu anlamada, iklim bozulmasına ve değişen iklimsel şartlara verilen cevapta doğal yaşam türlerinin aktiviteleri oldukça önem arz etmektedir. Küresel ısınmanın etkisiyle meydana gelen iklim bozulmasının iki büyük başlık adı altında ele alınması gerekmekte, doğal yaşamdaki türlerin bu bağlamda değerlendirilmesi düşüncesindeyiz. Buna göre doğal yaşamdaki türlerin insan dâhil bozulan iklim şartlarına göre adaptasyon stratejileri belirlenmeli ve “Küresel Isınma ve İklim Bozulması”nın olumsuz etkisinin azaltılması kapsamında bu büyük tehlike ile mücadele edilmesi gerekmektedir.

3. GENEL DEĞERLENDİRME VE SONUÇLAR

Küresel Isınma ve İklim Bozulması ile mücadeleyi iki ana başlık altında toplanılması gerektiği belirtilmişti. Bu başlıklar; iklim bozulmasına insan dahil tüm canlıların adaptasyonları ve Küresel ısınmanın etkisini azaltıcı tedbirler olarak söylenebilir. Bu çalışmada birinci kısım olan insan ve diğer tüm canlıların iklim bozulması tehlikesine adaptasyon kısmı üzerinde durulacaktır. “Küresel Isınma ve İklim Bozulması” tehlikesine karşı üniversitelerin Biyoloji lisans proğramlarında ve benzer diğer proğramlarda verilen “Biyoloji, Ekoloji, Ekosistem ve Biyoçeşitlilik" gibi eğitimlerin yanı sıra bu eğitimlerin doğrudan doğa ile iç içe yaşayan kırsalda yaşayan insanlarada verilmesi için bu proğramların altınta “Eokolojik Okur-Yazarlık ve Halk Biyolojisi” Anabilim Dalının kurulması ve ona göre müfredat programlarını geliştirmeleri

önem arz etmektedir. Özellikle Biyoloji lisans proğramlarında müfredat proğramlarına uyarlanarak "Ekoloji ve Biyoçeşitlilik Okulları" açılmalıdır. "Ekoloji ve Biyoçeşitlilik Okulları"nda ülkemiz ve dünya biyoçeşitlilik envanter çalışmalarına hız verilmeli ve tüm alanlardaki biyoçeşitlilik envanteri tamamlanmalıdır. Bunun için açılacak "Ekoloji ve Biyoçeşitlilik Okulları"nın lisansüstü eğitim programları kapsamında yeterli sayıda "Biyoloji Lisans" mezunu alınarak belli konularda hızlıca eğitilmeleri ve eğitimden sonra hem lisansüstü eğitimlerini yapmaları hem de biyoçeşitlilik envanteri çıkarmaları için gerekli düzenlemelerin yapılması aciliyet arz etmektedir. Yapılacak çalışmalar ile hem ülkemiz ve dünya biyoçeşitliliği kayıt altına alınmış olacak, bilinen tür sayısı, bilinmeyen tür sayısı arasındaki makas daralacak, kaybolan türlerin takiplerinin kolaylaşması sağlanacaktır. Ülkemiz ve dünyanın biyoçeşitliliğinin tespiti ile birlikte doğal yaşamdaki türlerin özellikle de bitkilerin iklim bozulmasına karşı dirençleri, uyumları ve hayatta kalma başarıları düzenli olarak kayıt altına alınacaktır. Bu veriler doğal yaşamdaki türlerin bozulan ve zorlaşan iklim koşullarına karşı bitki ve hayvan türlerinin, tutum ve davranışlarını öğrenmemizi sağlayacak olup bu durum insan ve tüm kültür ırkları için adeta bir yaşam rehberi niteliği kazanacaktır. Böylece iklim bozulmasına uyum için alınması gereken tedbirler daha kolay belirlenerek uygun bitki ve hayvan kültür ırklarının tercih edilmeleri kolaylaşacaktır. Bu nedenlerden dolayı önümüzdeki yüzyılın Biyoloji yüzyılı olacağını düşüncesindeyiz, bu durumun Biyologlara ciddi, kaçınılmaz bir görev ve sorumluluk yüklediğini düşünmekteyiz. Bozulan iklim koşullarına bağlı olarak meydana gelen kuraklığa karşı adaptasyon kabiliyeti olan bitkilerin tercih edilmelerindeki bilgi, görgü ve tecrübeler artacak olup bu durum insanlık olarak bizim hayatta kalabilmemize ciddi katkı sağlayacaktır.

4. ÖNERİLER

Anız yangınlarının tarımsal alanlara, doğal yaşamdaki canlılara ve insan sağlığına olan olumsuz etkilerinin özellikle tarımla uğraşan ve yereldeki insanlara tüm ayrıntıları ile anlatılması gerektiği düşüncesindeyiz. Tarımsal alanlarda meydana gelen anız yakmanın, yerleşim alanlarına, doğal yaşam alanları ve ormanlık alanlara da sıçraması ile ekosisteme verilen zarar kat ve kat artmaktadır. Tarımla uğraşan insanların en önemli anız yakma gerekçelerinden olan anızın çok küçük parçalara ayrılmasını sağlayacak teknolojik tarımsal aletlerin üretilmesinin teşvik edilmesi gerektiği kanaatindeyiz. Anız yakmaya karşı cezai müeyyidelerin artırılmasının yanı sıra anız yakmayı önleyecek ciddi tarımsal desteğin verilmesinin önemli olacağı kanaatindeyiz. Kırsal kesimde doğal yaşam ile iç içe olan tüm insanların Biyoloji, Ekoloji,

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

Ekosistem ve Biyoçeşitlilik konusuna "Ekolojik Okur-Yazarlık ve Halk Biyolojisi" adı altında bilinçlendirme eğitimlerinin verilmesi gerektiği görüşündeyiz (Kırpık, 2024). Anız yangınları Küresel Isınma ve İklim Bozulmasına ciddi anlamda olumsuz katkı vermektedir, bunun için anız yangınlarının azaltılması ve hatta ortadan kaldırılması için, ilgili kamu ve özel kurumlar, bilim insanları ile yereldeki insanların bir araya gelerek çözüm üretmeleri gerektiği görüşündeyiz.

KAYNAKÇA

Güzel, Y., Bilgili, A.,V., Toprak, D., Almaca, A. ve Mermut, A., R., *Anız Yakmanın Karbondioksit Salınımına Etkisi*, Harran Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi 18(1), 26-32, 2014.

Kutluay, D., *TEMA Vakfı, Dünyanın Durumu, Yeryüzü Eğitimi; Değişen Gezegende Eğitimi Yeniden Düşünmek* 2017.

Kırpık, M.A., *Ekolojik Okur-Yazarlık ve Halk Biyolojisi*, UMTEB-XVI International Scientific Research Congress December 53-54, 2024.

Kırpık, M.,A., *Aygır, Çıldır ve Aktaş Göllerinde Tespit Edilen Ekzotik ve İstilacı Türler* Kafkas Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, Cilt 11, Sayı 2,65-68, 2018.

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

AKDENİZ BÖLGESİ'NDEN KAYDEDİLMİŞ ZERKONİD AKARLAR (ACARI: ZERCONIDAE)

Doç. Dr. Mehmet KARACA
Pamukkale Üniversitesi/Denizli Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu, Denizli
karacamehmet@pau.edu.tr - 0000-0002-3249-4215

Prof. Dr. Raşit URHAN
Pamukkale Üniversitesi/Fen Fakültesi, Biyoloji Bölümü, Denizli
rurhan@pau.edu.tr - 0000-0002-6548-7927

ÖZET

Zerconidae familyasına ait olan toprak akarları kısaca zerkonidler olarak adlandırılır. Mikroskobik boyutlu olan bu canlı grubunun yayılış kayıtları yalnızca Holarktik bölgeden bilinmektedir. Ülkemizin de aralarında bulunduğu bazı bölgelerde bu canlıların sistematiği üzerine yapılmış çok sayıda araştırma mevcuttur. Günümüze kadar yapılan sistematik çalışmalara göre Kuzey Yarımküre'de yaklaşık 500 türle temsil edilen zerkonidlerin Türkiye'den iki farklı cinsi (*Prozercon* ve *Zercon*) ve toplamda 140 türü bildirilmiştir. Ancak, ülkemiz yüzölçümünün büyük olması sebebiyle zerkonidler üzerine halen araştırma yapılmamış birçok bölge de bulunmaktadır. Bu çalışmada, Mesostigmata takımı altında değerlendirilen zerkonidlerin ülkemizin güneyinde yer alan Akdeniz Bölgesi'nden kaydedilmiş tüm türleri gözden geçirilmiştir. Gerçekleştirilen literatür taramalarına göre 20 farklı zerkonid türünün bölgede yayılış gösterdiği tespit edilmiştir. Bunlardan 4 tür *Prozercon* cinsine ve 16 tür ise *Zercon* cinsine aittir. Bahsi geçen türlerden 12'si Türkiye'ye endemik olup bunlardan 7'si Akdeniz Bölgesi'nden bilim dünyası için yeni türler olarak tanımlanmışlardır. Bu türlere ait tip örneklerinin terra typica'sı (tip yeri) bölgede yer alan Adana, Burdur ve Mersin illeridir. Ayrıca, bölgeden bilinen tüm zerkonidlerin ülkemizdeki ve dünyadaki yayılışları güncel literatürler eşliğinde sunulmuştur. Bu çalışmanın hem Akdeniz Bölgesi'nin biyoçeşitliliğine hem de ülkemiz akarofaunasına katkı sağlaması amaçlanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Mesostigmata, biyoçeşitlilik, akarofauna, Türkiye.

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

ZERCONID MITES (ACARI: ZERCONIDAE) RECORDED FROM THE MEDITERRANEAN REGION, TÜRKİYE

ABSTRACT

The soil mites belonging to the family Zerconidae are called zerconids as shortly. The distribution records of this microscopic living group are known only from the Holarctic region. There are many studies on the systematics of this group in some regions, including our country. According to the systematic studies conducted to date, zerconids, represented by approximately 500 species in the Northern Hemisphere, have been reported from Türkiye with two different genera (*Prozercon* and *Zercon*) and a total of 140 species. However, due to the large surface area of our country, there are many regions where zerconids have not yet been studied. In this study, all species of zerconids evaluated within the order Mesostigmata recorded from the Mediterranean Region in the south of our country were reviewed. According to the literature review, it was determined that 20 different zerconid species were distributed in the region. Of these, 4 species belong to the genus *Prozercon* and 16 species belong to the genus *Zercon*. 12 of the mentioned species are endemic to Türkiye and seven of them have been defined as new species for the science from the Mediterranean Region. The type localities (terra typica) of these species are Adana, Burdur and Mersin provinces located in the region. In addition, country and world distributions of all recorded zerconids from the region is presented with current literature. This study is aimed to contribute to both the biodiversity of the Mediterranean Region and the acarofauna of our country.

Key Words : Mesostigmata, biodiversity, acarofauna, Türkiye.

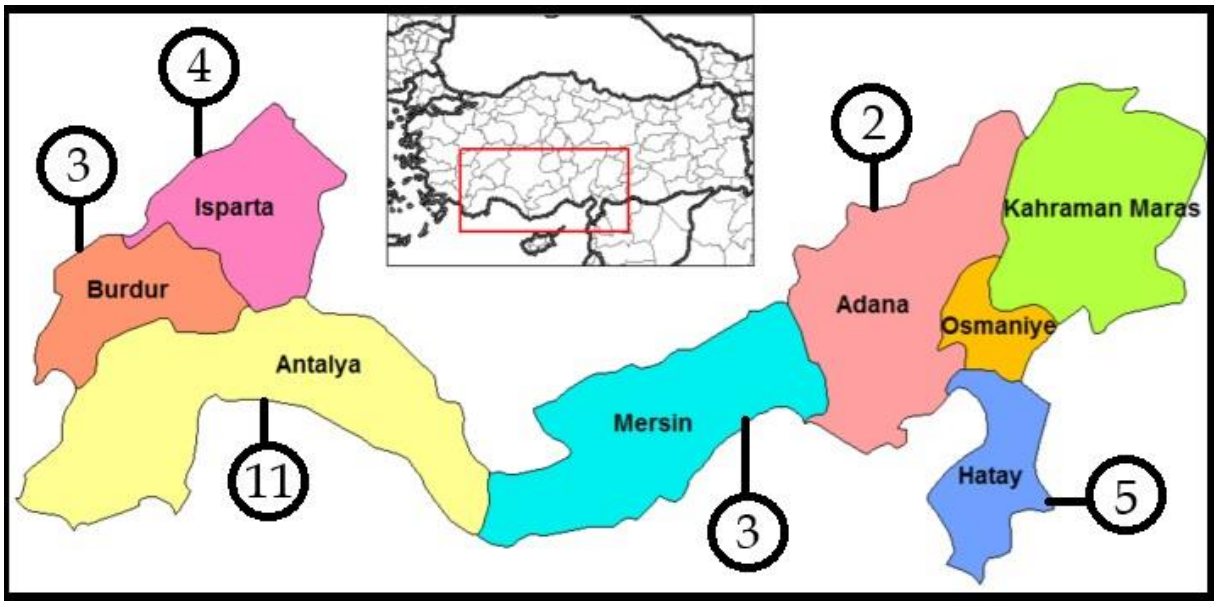
1. GİRİŞ

Türkiye akar faunası Ixodida, Mesostigmata, Sarcoptiformes ve Trombidiformes takımları altında toplanmış yaklaşık 1250 taksondan meydana gelmiştir (Erman vd., 2024). Zerconidae familyası içinde yer alan akarlar, kısaca zerkonidler olarak bilinirler ve Mesostigmata takımının Türkiye'de iyi bilinen gruplarından birini oluştururlar. Zerkonidler üzerine ülkemizde birçok farklı alanda (il bazında, bölgesel, korunan alanlarda vb.) sistematik ve taksonomik araştırmalar gerçekleştirilmiş olup şimdiye kadar 140 civarında farklı tür Türkiye'den kaydedilmiştir. Spesifik bir omurgasız hayvan grubu olması nedeniyle bilinen ülkemizden bilinen türlerin büyük bir çoğunluğu Türkiye'ye endemiktir.

Ülkemizin yedi coğrafik bölgesinden biri olan Akdeniz Bölgesi tüm bölgeler arasında büyüklük bakımından yaklaşık 110.000 km²lik yüzölçümüyle dördüncü sırada yer alır. Türkiye'nin güneyinde yer alan, bünyesinde 8 farklı ili barındıran (Görsel 1) ve Akdeniz kıyısı boyunca

uzanan bu bölgede arazi yapısı oldukça dağlık ve engebelidir. Beyşehir, Eğirdir, Burdur ve Suğla gölleri bölgedeki başlıca sulak alanlardır. Bölgenin kıyıya yakın kısımlarında Akdeniz iklimi görülürken iç kesimlere gidildikçe karasal iklim hakimdir. Mevsimler arasında yağış miktarı bakımından bariz bir fark görülmez. Dağların denize bakan kısımları makilikler ve orman sahalarıyla kaplıdır. Defne, keçiboynuzu, zeytin gibi bodur ve kısa ağaçlar maki örtüsü içerisindeki temel bitki türleridir. Aladağlar Milli Parkı, Altınbeşik Mağarası Milli Parkı, Beydağları Sahil Milli Parkı, Güllük Dağı Termessos Milli Parkı, Karatepe Aslantaş Milli Parkı, Kızıldağ Milli Parkı, Kovada Gölü Milli Parkı, Köprülü Kanyon Milli Parkı, Saklıkent Milli Parkı ve Yumurtalık Lagünü Milli Parkı bölgede yer alan korunan alanların başlıcalarıdır (Url-1).

Bu çalışmanın asıl amacı, günümüze kadar ülkemizde Akdeniz Bölgesi'nden kaydedilmiş tüm zerkonidler için toplu bir tür listesinin oluşturulmasıdır. Çalışmanın bu yönüyle hem Akdeniz Bölgesi'nin biyoçeşitliliğine hem de Türkiye akarofaunasına katkı sağlaması amaçlanmıştır.



Görsel 1. Akdeniz Bölgesi'nin haritası (ölçeksiz, Url-2) ve illerden kaydedilmiş zerkonidlerin tür sayıları.

2. MATERYAL VE METOT

Türkiye'nin güneyinde bulunan Akdeniz Bölgesi'nden kaydedilmiş tüm zerkonid akarların toplu listesini oluşturabilmek amacıyla literatürde yer alan çeşitli kaynaklar gözden geçirilmiştir. Bölgede yer alan tüm illerden yayılış kayıtları (Görsel 1) verilen Zerconidae familyasına ait türler not edilmiş ve alfabetik olarak bu çalışmada listelenmiştir. Literatür verilerine ek olarak 1995-2008 yılları arasında Akdeniz Bölgesi'ndeki Hatay ve Mersin illerinde gerçekleştirilen arazi çalışmalarında bulunan zerkonid akar türleri de sunulmuştur.

3. BULGULAR

3.1. Literatür Kayıtları

Literatürde yer alan verilere dayanarak, 1979-2024 yılları arasında Akdeniz Bölgesi'ndeki farklı illerde çeşitli lokalitelerinden toplanan biyolojik materyallerden 2 cinse ait 20 farklı zerkonid türünün varlığı not edilmiştir (Çizelge 1). Bahsi geçen zerkonid türlerinden 4'ü *Prozercon* cinsine, 16'sı ise *Zercon* cinsine aittir. Bu kısımda bölgeden bildirilen tüm zerkonid akarlar alfabetik olarak sunulmuştur. Ayrıca, türlerin Türkiye ve dünya yayılışları da güncel kaynaklar eşliğinde verilmiştir.

Familya: ZERCONIDAE Canestrini, 1891
Cins: ***Prozercon*** Sellnick, 1943
Tip türü: ***Zercon fimbriatus*** C. L. Koch, 1839
Cinsin detaylı tanımı için Urhan ve Karaca (2023)'e bakınız.

3.1.1. *P. balikesirensis* Urhan, 2008

Türkiye kayıtları: Balıkesir, Bursa, Isparta, İstanbul, Kütahya (Karaca ve Urhan, 2017, 2023a; Urhan, 2017).
Dünya yayılışı: Türkiye (Karaca ve Urhan, 2023a).

3.1.2. *P. mersinensis* Urhan, 1998

Türkiye kayıtları: Mersin (Urhan, 1998a), Hatay (bu çalışma).
Dünya yayılışı: Türkiye (Urhan, 1998a).

3.1.3. *P. tragardhi* (Halbert, 1923)

Türkiye kayıtları: Ankara, Artvin, Aydın, Bolu, Denizli, Erzincan, Erzurum, Giresun, İstanbul, Kırklareli, Kütahya, Muğla, Ordu, Tekirdağ (Urhan, 2017; Urhan ve Karaca, 2024b; Karaca, 2025), Çorum, Rize, Trabzon (Karaca ve Urhan, 2024a), Hatay (bu çalışma).

Dünya yayılışı: Almanya, Avusturya, Britanya Adaları, Bulgaristan, Çekya, Hırvatistan, İngiltere, İrlanda, İsveç, İsviçre, İzlanda, Letonya, Litvanya, Macaristan, Polonya, Romanya, Rusya, Slovakya, Slovenya, Türkiye, Ukrayna (Karaca, 2025).

3.1.4. *P. yavuzi* Urhan, 1998

Türkiye kayıtları: Antalya, Aydın, Balıkesir, Denizli, Manisa, İstanbul, İzmir, Muğla, Uşak (Urhan, 2017; Demirdöven vd., 2024; Karaca ve Urhan, 2024a).
Dünya yayılışı: Yunanistan, Türkiye (Karaca ve Urhan, 2024a).

Çizelge 1. Akdeniz Bölgesi'nden kaydedilmiş zerkonid akarların listesi (L: literatür kayıtları, A: arazi çalışmalarıyla bölgeden yeni kaydedilen türler).

Tür	Adana[1]	Antalya[2-4]	Burdur[5-7]	Hatay	Isparta[8-9]	Kahramanmaraş*	Mersin[10]	Osmaniye*
P. balikesirensis					L			
P. mersinensis				A			L	

P. tragardhi				A				
P. yavuzi		L						
Z. agnostus	L			A			A	
Z. ayyildizi			L					
Z. burdurensis			L		L			
Z. cokelezicus		L						
Z. colligans		L		A	L		A	
Z. fethiyensis		L						
Z. huseyini		L						
Z. kallimcii		L						
Z. kasensis		L						
Z. marinae		L						
Z. muglaensis		L						
Z. notabilis	L			A				
Z. quadricavum		L						
Z. salebrosus		L						
Z. saphenus					L			
Z. tefenniensis			L					
TOPLAM								

* Zerkonid akarların Kahramanmaraş ve Osmaniye illerinden henüz kaydı bulunmamaktadır. Kaynaklar_[1]: Błaszak, 1979a; [2]: Urhan vd., 2013; [3]: Karaca ve Urhan, 2024b; [4]: Demirdöven vd., 2024; [5]: Urhan, 2000; [6]: Urhan, 1997; [7]: Urhan, 2010; [8]: Karaca ve Urhan, 2017; [9]: Urhan ve Duran, 2019; [10]: Urhan, 1998.

Cins: ***Zercon*** C. L. Koch, 1836
Tip türü: ***Zercon triangularis*** C. L. Koch, 1836
Cinsin detaylı tanımı için Urhan ve Karaca (2023)'e bakınız.

3.1.5. *Z. agnostus* Błaszak, 1979

Türkiye kayıtları: Adana (Błaszak, 1979a), Amasya, Giresun, Yozgat (Mohammad-Doustaresharaf vd., 2023), Çorum (Karaca ve Urhan, 2024a), Hatay, Mersin (bu çalışma).
Dünya yayılışı: İran, Türkiye (Mohammad-Doustaresharaf vd., 2023).

3.1.6. *Z. ayyildizi* Urhan, 1997

Türkiye kayıtları: Burdur, Denizli, Manisa (Urhan, 2024).
Dünya yayılışı: Türkiye (Urhan, 2024).

3.1.7. *Z. burdurensis* Urhan, 2000

Türkiye kayıtları: Afyonkarahisar, Burdur, Denizli, Isparta, Kütahya, Manisa (Urhan, 2017, 2024).
Dünya yayılışı: Türkiye (Urhan, 2024).

3.1.8. *Z. cokelezicus* Urhan, 2009

Türkiye kayıtları: Afyonkarahisar, Denizli, Eskişehir, Kütahya, Manisa, Uşak (Urhan, 2017, 2024), Antalya (bu çalışma).

Dünya yayılışı: Türkiye (Urhan, 2024).

3.1.9. *Z. colligans* Berlese, 1920

Türkiye kayıtları: Afyonkarahisar, Amasya, Artvin, Aydın, Balıkesir, Çanakkale, Denizli, Edirne, Erzincan, Erzurum, Eskişehir, Giresun, Isparta, İstanbul, İzmir, Kırklareli, Kütahya, Manisa, Muğla, Tekirdağ, Uşak (Kabasakal, 2015; Urhan, 2017, 2024), Sinop (Karaca ve Urhan, 2024a), Antalya (Karaca ve Urhan, 2024b), Hatay, Mersin (bu çalışma).
Dünya yayılışı: Fransa, İran, İsveç, İsviçre, İtalya, Rusya, Türkiye (Urhan, 2024).

3.1.10. *Z. fethiyensis* Urhan & Karaca, 2024

Türkiye kayıtları: Antalya, Muğla (Karaca ve Urhan, 2024b; Urhan ve Karaca, 2024a).
Dünya yayılışı: Türkiye (Urhan ve Karaca, 2024a).

3.1.11. *Z. huseyini* Urhan, 2008

Türkiye kayıtları: Afyonkarahisar, Antalya, Aydın, Denizli, İzmir, Kütahya, Manisa, Muğla, Uşak (Urhan, 2017, 2024; Karaca ve Urhan, 2024b; Urhan ve Karaca, 2024b).
Dünya yayılışı: Türkiye (Urhan, 2024).

3.1.12. *Z. kallimcii* Halašková, 1969

Türkiye kayıtları: Aydın, Denizli (Urhan, 2024), Antalya (Karaca ve Urhan, 2024b), Muğla (Urhan ve Karaca, 2024b).
Dünya yayılışı: Türkiye (Urhan, 2024).

3.1.13. *Z. kasensis* Demirdöven, Urhan & Karaca, 2024

Türkiye kayıtları: Antalya (Demirdöven vd., 2024).
Dünya yayılışı: Türkiye (Demirdöven vd., 2024).

3.1.14. *Z. marinae* Ivan & Călugăr, 2004

Türkiye kayıtları: Afyonkarahisar, Antalya, Balıkesir, Çanakkale, Edirne, İstanbul, Kırklareli, Kütahya, Tekirdağ, Uşak (Urhan, 2017; Karaca ve Urhan, 2023a, 2024b).
Dünya yayılışı: Türkiye (Karaca ve Urhan, 2024b).

3.1.15. *Z. muglaensis* Bilki, Urhan & Karaca, 2022

Türkiye kayıtları: Antalya, Muğla (Karaca ve Urhan, 2024b; Urhan ve Karaca, 2024b).
Dünya yayılışı: Türkiye (Urhan ve Karaca, 2024b).

3.1.16. *Z. notabilis* Błaszak, 1979

Türkiye kayıtları: Adana (Błaszak, 1979a), Hatay (bu çalışma).
Dünya yayılışı: İran, Türkiye (Karaca vd., 2017).

3.1.17. *Z. quadricavum* Urhan, 2001

Türkiye kayıtları: Antalya, Muğla, Denizli, Kütahya, Uşak (Urhan, 2017, 2024; Karaca ve Urhan, 2024b).
Dünya yayılışı: Türkiye (Urhan, 2024).

3.1.18. *Z. salebrosus* Błaszak, 1979

Türkiye kayıtları: Antalya (Urhan vd., 2013).

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

Dünya yayılışı: Tunus, Türkiye (Błaszak, 1979b; Urhan vd., 2013).

3.1.19. *Z. saphenus* Błaszak, 1979

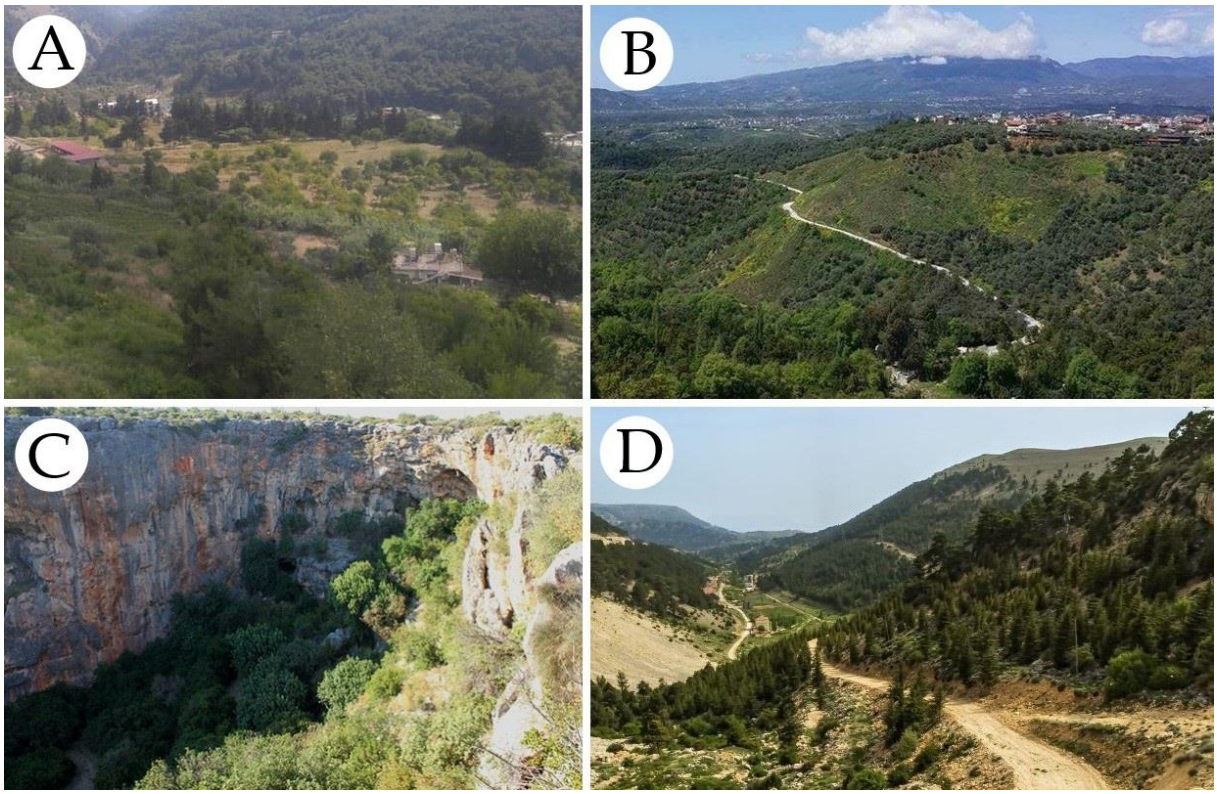
Türkiye kayıtları: Isparta (Urhan ve Duran, 2019).
Dünya yayılışı: Tunus, Türkiye (Błaszak, 1979b; Urhan ve Duran, 2019).

3.1.20. *Z. tefenniensis* Urhan, 2010

Türkiye kayıtları: Afyonkarahisar, Burdur (Urhan, 2010, 2017).
Dünya yayılışı: Türkiye (Urhan, 2010).

3.2. Bölgeden Kaydedilen Yeni Materyaller

1995-2008 yılları arasında Hatay ve Mersin illerindeki farklı lokalitelerden (Görsel 2) toplanan biyolojik materyallerde 5 farklı zerkonid akar türü tespit edilmiştir (Çizelge 2).



Görsel 2. Akdeniz Bölgesi'nden yeni bildirilen zerkonidler için örneklerin toplandığı lokaliteler (A: Sarımazı Mevkii, Belen, Hatay [Url-3], B: Döver Köyü, Antakya, Hatay [Url-4], C: Cennet Mağarası civarı, Silifke, Mersin [Url-5], D: Sertavur Geçidi, Mut, Mersin [Url-6]).

Çizelge 2. Akdeniz Bölgesi'nden bu çalışmada sunulan yeni Zerconidae materyalleri (Kısaltmalar= m: metre, D: doğu, K: kuzey, DN: dötonimf, PN: protonimf).

Tarih	Koordinat	Rakım (m)	Habitat	Lokalite	Tür / Birey Sayısı
01.12.2003	36°32.710' K 36°10.004' D	194	*Pinus brutia* *Quercus coccifera*	Sıfın Mevkii, İskenderun, Hatay	*P. mersinensis*: 8♀ *Z. agnostus*: 5♀, 10♂, 3DN
02.12.2003	36°31.580' K 36°9.705' D	292	*Pinus brutia*	Issume Mevkii, Belen, Hatay	*P. mersinensis*: 7♀, 2♂ *Z. agnostus*: 4♂, 3DN
02.12.2003	36°30.737' K 36°31.392' D	491	*Pinus brutia* *Quercus coccifera*	Sarımazı Mevkii, Belen, Hatay	*P. mersinensis*: 1♂ *Z. notabilis*: 8♀, 26♂, 4DN

02.12.2003	36°49.895' K 36°13.786' D	80	*Pinus brutia*	Çamlık Mevkii, İskenderun, Hatay	*Z. agnostus*: 1♂
12.12.2004	36°30.737' K 36°8.471' D	329	*Pinus brutia*	Belen, Hatay	*P. mersinensis*: 6♀ *Z. agnostus*: 17♀, 12♂, 1DN
10.12.2008	36°7.920' K 36°7.343' D	85	*Maclura pomifera*	Yeşilpınar Köyü, Antakya, Hatay	*Z. colligans*: 6♀, 2♂, 2DN, 1PN
10.12.2008	36°6.959' K 36°7.485' D	242	*Pinus brutia*	Döver Köyü, Antakya, Hatay	*P. mersinensis*: 32♀, 26♂, 17DN, 5PN *Z. agnostus*: 22♀, 8♂, 3DN, 2PN
10.12.2008	36°7.798' K 36°8.543' D	224	*Olea europaea* *Platanus orientalis*	Harbiye Şelaleleri, Antakya, Hatay	*P. mersinensis*: 41♀, 5♂, 1DN *P. tragardhi*: 8♀, 1♂ *Z. agnostus*: 34♀, 59♂, 18DN, 5PN
15.05.1995	37°11.467' K 34°50.572' D	803	*Pyrus elaeagrifolia*	Yeniköy, Tarsus, Mersin	*Z. colligans*: 2♀, 1♂
24.06.2005	36°27.187' K 34°6.411' D	144	*Styrax officinalis* *Laurus nobilis*	Cennet Mağarası civarı, Silifke, Mersin	*Z. colligans*: 4♀
25.06.2005	36°39.011' K 34°20.158' D	57	*Pinus brutia* *Pistacia lentiscus*	Mersin-Silifke Yolu kenarı, Silifke, Mersin	*Z. colligans*: 6♀
25.06.2005	36°54.722' K 33°15.860' D	1612	*Juniperus oxycedrus* *Pinus nigra*	Sertavur Geçidi, Mut, Mersin	*Z. agnostus*: 1♀

4. SONUÇ, TARTIŞMA VE ÖNERİLER

Bu çalışmada, Akdeniz Bölgesi'nde yer alan 8 farklı ilden günümüze kadar yayılış kayıtları verilen Zerconidae familyasına ait akar türlerinin çeşitliliği araştırılmıştır. Literatür verilerinin haricinde Hatay ve Mersin illerinde gerçekleştirilen arazi çalışmaları neticesinde elde edilen bulgularda bu çalışmada sunulmuştur. Mevcut çalışmada Akdeniz Bölgesi'nden kaydedilmiş tüm türler listelenmiş olsa da elde edilen bulgular bölgenin sahip olduğu tür çeşitliliğini ana hatlarıyla ortaya koymaktan çok uzaktır. Ülkemizin güneyinde yer alan, mevsimsel ve yeryüzü şekilleri bakımından farklılıklara sahip olan Akdeniz Bölgesi gerek flora gerekse fauna elemanları bakımından oldukça zengin bir alandır. Ancak bu bölgede zerkonidler üzerine şu ana kadar yapılan kapsamlı bir çalışma bulunmamaktadır. Tür çeşitliliği bakımından Antalya ilinden 11 farklı zerkonid bildirilmiş olup bunların 10 tanesi Antalya-Muğla sınırında yer alan Saklıkent Milli Parkı'ndan kaydedilmiştir (Demirdöven vd., 2024; Karaca ve Urhan, 2024b). Antalya ilini sırasıyla Hatay (5 tür), Isparta (4 tür), Burdur, Mersin (3'er tür) ve Adana (2 tür) takip etmektedir. Kahramanmaraş ve Osmaniye illerinden ise şimdiye kadar kaydedilmiş herhangi bir zerkonid türü bulunmamaktadır.

Yurdumuzda zerkonidler üzerine ilk çalışma 1979 yılında Polonyalı Zerconidae uzmanı Czeslaw Błaszak tarafından gerçekleştirilmiş olup Türkiye'nin farklı bölgelerinden 6 farklı zerkonidin yayılış kayıtları verilmiştir. Bahsi geçen türlerin tamamı bilim dünyasına yeni tür olarak sunulmuş olup bunlar arasında yer alan *Z. agnostus* ve *Z. notabilis* türleri kesin lokasyon belirtilmeden Amanos Dağları'ndan tanımlanmıştır. Amanos Dağları, halk arasında Nur Dağları veya Gavur Dağları adıyla da bilinen ve Kahramanmaraş'taki Sır Baraj Gölü'nden başlayıp Hatay ilinin Samandağ kıyılarına kadar uzanan 175 km uzunlukta dağ silsilesidir (Url-7). Błaszak'ın çalışmasında yer alan "NE slope of Giau Dagi" ifadesi muhtemelen Gavur Dağı'nın kuzeydoğu yamacını ifade etmek amacıyla kullanılmıştır, ancak üstte belirtilen gerekçeyle bu türlere ait kesin lokasyon bilinmemekle birlikte daha önceden gerçekleştirilen bazı çalışmalarda *Z. agnostus* için muhtemel lokalite Adana şeklinde yorumlanmıştır (Karaca, 2017). Burada sunulan çalışmada ise bu türe ait bireylere hem Hatay hem de Mersin illerinde

rastlanmıştır. Diğer taraftan, Hatay ilinden zerkonidlerin ilk yayılış kayıtları bu çalışmada verilmiştir. Ancak, Akdeniz Bölgesi'nde bulunan 8 farklı ilin tamamı için uzun dönemli çalışmalarda farklı habitatlardan toplanacak biyolojik materyallerin analiz edilmesine ihtiyaç bulunmaktadır. Bölgede gelecek yıllarda yapılacak olan sistematik çalışmalar neticesinde halihazırda varlığı bilinen 20 zerkonid türünün sayısal olarak 2-3 kat artması beklenmektedir. Gelecekte bölgeden kaydedilecek türlerin arasında bilim dünyası için birçok yeni türün ve Türkiye akar faunası için birçok yeni kaydın bulunma ihtimali yüksektir.

Bölgeden varlığı bildirilen türlerden *P. balikesirensis, P. mersinensis, P. yavuzi, Z. agnostus, Z. ayyildizi, Z. burdurensis, Z. cokelezicus, Z. fethiyensis, Z. huseyini, Z. kallimcii, Z. kasensis, Z. muglaensis, Z. notabilis, Z. quadricavum* ve *Z. tefenniensis* türlerinin tip yerleri (terra typica) Türkiye'dir. Bu türlerden *P. yavuzi, Z. agnostus* ve *Z. notabilis* ülkemize yakın olan alanlardan da bilinmektedir. Bahsi geçen bu 3 tür haricindeki tip yeri Türkiye olan 2 *Prozercon* ve 10 *Zercon* türü ülkemize endemiktir. Akdeniz Bölgesi'nden bu çalışmada bildirilen 20 farklı zerkonidin 12'si sadece ülkemize endemik olduğundan zerkonidlerin bu bölgedeki endemizm oranı %60 olarak açıklanabilir. Diğer 8 tür ise Avrupa, Kuzey Afrika ve Orta Doğu ölçeğinde daha geniş yayılışa sahip olan türlerdir.

KAYNAKÇA

Błaszak, C. (1979a). Systematic studies on the family Zerconidae. IV. Asian Zerconidae (Acari, Mesostigmata). Acta Zoologica Cracoviensia, Kraków, 24 (1), 3-112.

Błaszak, C. (1979b). Tunisian Zerconidae (Acari: Gamasida). Folia Entomologica Hungarica, 32 (2), 13-26.

Demirdöven, A., Urhan, R., Karaca, M. (2024). *Zercon kasensis* sp. nov., a new mite species (Acari: Zerconidae) from Southwestern Türkiye. Erzincan University Journal of Science and Technology, 17 (3), in press.

Erman, O., Doğan, S., Ayyıldız, N., Özkan, M. (2024). Checklist of the mites (Acari) of Türkiye. Third supplement. Acarological Studies, 6 (2), 81-111.

Karaca, M. (2017). Türkiye'den *Zercon agnostus* Błaszak (Acari: Zerconidae) nimflerinin ilk tanımları. Afyon Kocatepe Üniversitesi, Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi, 17 (3), 861-871.

Karaca, M., Urhan, R. (2017). New localities of zerconid mites from Turkey (Acari: Zerconidae). MUNIS Entomology & Zoology, 12 (1), 31-37.

Karaca, M., Urhan, R. (2023a). Balıkesir'den kaydedilmiş zerkonid akarlar (Acari: Zerconidae). Cumhuriyetin 100. Yılında Balıkesir'in Kültürel Birikimi, Tarım, Gıda ve Hayvancılık. 1st ed. Konya: Palet Yayınları, 125-144.

Karaca, M., Urhan, R. (2024a). Karadeniz Bölgesi'nden kaydedilmiş zerkonid akarlar (Acari: Zerconidae). II. Uluslararası Marmara Bilimsel Çalışmalar Kongresi, İstanbul, Türkiye, 13-15 Aralık 2024, baskıda.

Karaca, M., Urhan, R. (2024b). Saklıkent Milli Parkı'nın zerkonid akar faunası (Acari: Mesostigmata). VI. Uluslararası Türk Dünyası Fen Bilimleri ve Mühendislik Kongresi, Bakü, Azerbaycan, 19-21 Aralık 2014, baskıda.

Karaca, M., Ordoukhanian, C., Ahadiyat, A., Urhan, R. (2017). New occurrences of zerconid mites (Acari: Zerconidae) from Iran, with checklist and a key to the Iranian species. International Journal of Acarology, 43 (8), 603-611.

Urhan, R. (1997). Two new species of mites of the family Zerconidae from Turkey (Acari, Mesostigmata). Genus, 8 (3-4), 735-742.

Urhan, R. (1998a). Some new species of the family Zerconidae (Acari: Mesostigmata) from Turkey. Journal of Natural History, 32 (4), 533-543.

Urhan, R. (2000). New species of zerconid mites (Acari, Gamasida, Zerconidae) from Turkey. Acarologia, 41 (1-2), 69-75.

Urhan, R. (2010). Two new species of zerconid mites from Turkey. Zoology in the Middle East, 50 (1), 111-118.

Urhan, R. (2017). İç Ege Bölgesi'nde zerkonid akarlar (Acari, Mesostigmata, Zerconidae) üzerine sistematik araştırmalar. TÜBİTAK 113Z717 Proje Sonuç Raporu, 391 s.

Urhan, R. (2024). Mites of the family Zerconidae (Acari: Mesostigmata) in Denizli Province. Comprehensive Approaches in Biology: From Molecular Targets to Ecosystem Analysis. 1st ed. Klaipeda: SRA Academic Publishing, 107-136.

Urhan, R., Duran, E. H. (2019). A new record of genus *Zercon* (Acari, Zerconidae) for Turkish fauna: *Zercon saphenus* Błaszak, 1979. International Journal of Scientific and Technological Research, 5 (3), 24-28.

Urhan, R., Karaca, M. (2023). Species diversity of the mite family Zerconidae (Acari: Mesostigmata) in İzmir province. Multifaceted Academic Perspective: Basic Sciences and Engineering Research. 1st ed. Klaipeda: SRA Academic Publishing, 1-26.

Urhan, R., Karaca, M. (2024a). Muğla'dan *Zercon* cinsinin (Acari, Zerconidae) yeni bir türü: *Zercon fethiyensis* sp. nov. Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi, 24 (6), 1267-1274.

Urhan, R., Karaca, M. (2024b). Muğla ilinde zerkonid akarlar (Acari: Zerconidae) üzerine sistematik çalışmalar. Ankara: Bidge Yayınevi, baskıda.

Urhan, R., Karaca, M., Duran, E. H., Kızılkaya, E. (2013). Antalya'dan Türkiye faunası için yeni bir zerkonid akar (Acari: Zerconidae) türü: *Zercon salebrosus*. 1. Ulusal Zooloji Kongresi, Nevşehir, Türkiye, 28-31 Ağustos 2013, s. 70.

Url-1: https://tr.wikipedia.org/wiki/Akdeniz_Bölgesi (Erişim Tarihi: 10.12.2024).

Url-2: https://www.sosyalbilimciler.com/forum/media/akdeniz-bolgesi-haritasi-png.46/ (Erişim Tarihi: 20.12.2024).

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

Url-3: https://www.koylerim.com/belen-sarimazi-koyu-13735g.htm (Erişim Tarihi: 19.12.2024).

Url-4: https://www.koylerim.com/defne-dover-koyu-13753g.htm (Erişim Tarihi: 19.12.2024).

Url-5: https://fotopanorama360.com/mersin-silifke-cennet-ve-cehennem-magaralari/ (Erişim Tarihi: 19.12.2024).

Url-6: https://www.mersinsinemaofisi.com/tr/mut-servatul-gecidi/ (Erişim Tarihi: 19.12.2024).

Url-7: https://tr.wikipedia.org/wiki/Nur_Dağları (Erişim Tarihi: 22.12.2024).

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

HONAZ DAĞI MİLLİ PARKI'NDA ZERKONİD AKARLARIN (ACARI: ZERCONIDAE) YÜKSEKLİK VE HABİTAT TERCİHLERİ

Prof. Dr. Raşit URHAN
Pamukkale Üniversitesi/Fen Fakültesi, Biyoloji Bölümü, Denizli
rurhan@pau.edu.tr - 0000-0002-6548-7927

Doç. Dr. Mehmet KARACA
Pamukkale Üniversitesi/Denizli Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu, Denizli
karacamehmet@pau.edu.tr - 0000-0002-3249-4215

ÖZET

Toprak ekosistemindeki mikroskobik canlı gruplarından biri olan akarlar, humus oluşumu ve fungal ve bakteriyel metabolizmanın uyarılması gibi önemli rollere sahiptir. Bu çalışmada Türkiye'den iyi bilinen akar familyalarından biri olan zerkonidlerin Honaz Dağı Milli Parkı'ndaki yükseklik ve habitat tercihleri araştırılmıştır. Ülkemizdeki 49 milli parktan biri olan bu korunan alanın Zerconidae faunası 2010 yılında tarafımızca belirlenmiştir. Buna göre, Honaz Dağı Milli Parkı'ndan 11 farklı zerkonid türü bildirilmiştir. Bunlardan 3'ü *Prozercon* cinsinden (*P. celali, P. denizliensis, P. tragardhi*), 8'i ise *Zercon* cinsinden (*Z. alattini, Z. ayyildizi, Z. colligans, Z. denizliensis, Z. honazicus, Z. huseyini, Z. kallimcii, Z. mehmeturhani*) daha önce tarafımızca alandan kaydedilmiş olan türlerdir. Dünya genelinde zerkonidler üzerinde sistematik ve taksonomik çalışmalar ön plana çıkmakla birlikte, bu gruba ait ekolojik veriler oldukça sınırlıdır. Bu bağlamda, Honaz Dağı Milli Parkı'ndan bildirilen tüm zerkonid akarlarının yükseklik ve habitat tercihleri bu çalışmada sunulmuştur. Kasım 2008-Temmuz 2009 dönemleri arasında alanda 161 farklı lokaliteden 365 biyolojik materyalin toplandığı anlaşılmıştır. Alanda yapılan örneklemeler 24 farklı habitat tipinden ve 490 ile 2500 metre rakım aralıklarından alınmıştır. İlgili veriler alandan kaydedilen zerkonid türleriyle eşleştirilmiştir. Sonuç olarak zerkonidlerin çeşitli rakım ve habitat tercihlerine sahip oldukları öngörülmüştür. Zerkonidlerin farklı toprak ekosistemlerindeki yayılışlarını ekolojik açıdan daha iyi anlayabilmek için daha ayrıntılı araştırmalara ihtiyaç duyulmaktadır. Bu çalışmanın, zerkonidlerin ekolojisine katkı sağlaması amaçlanmıştır.

Anahtar Kelimeler : Mesostigmata, ekoloji, Denizli, Türkiye.

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

ALTITUDE AND HABITAT PREFERENCES OF ZERCONID MITES (ACARI: ZERCONIDAE) IN THE HONAZ MOUNTAIN NATIONAL PARK, TÜRKİYE

ABSTRACT

Mites, one of the microscopic living groups in the soil ecosystem, have important roles such as humus formation and stimulation of fungal and bacterial metabolism. In this study, the altitude and habitat preferences of zerconids, one of the well-known mite families from Türkiye, were investigated in Honaz Mountain National Park. This protected area is one of the 49 national parks in our country and the Zerconidae fauna of the area was determined by us in 2010. Three of them are from the genus *Prozercon* (*P. celali, P. denizliensis, P. tragardhi*) and eight are from the genus *Zercon* (*Z. alattini, Z. ayyildizi, Z. colligans, Z. denizliensis, Z. honazicus, Z. huseyini, Z. kallimcii, Z. mehmeturhani*) which were previously recorded by us from the area. Although systematic and taxonomic studies on zerconids are prominent worldwide, ecological data belonging to this group are quite limited. In this context, the altitude and habitat preferences of all zerconid mites reported from Honaz Mountain National Park are presented in this study. It was understood that 365 biological materials were collected from 161 different localities in the area between November 2008 and July 2009. The samplings were done from 24 different habitat types and altitude ranges between 490 and 2500 meters in the study area. The relevant data were matched with the zerconid species recorded from the study area. As a result, it was predicted that zerconids have various altitude and habitat preferences. More detailed studies are needed to better understand the distribution of zerconids in different soil ecosystems from an ecological perspective. This study is aimed to contribute to the ecology of zerconids.

Key Words : Mesostigmata, ecology, Denizli, Türkiye.

1. GİRİŞ

Denizli ili, Honaz ilçesi sınırları içerisinde yer alan Honaz Dağı, 30.03.1995 tarihinde 95/6717 sayılı Bakanlar Kurulu kararı ile milli park alanı olarak ilan edilmiştir. Ülkemizdeki 50 milli park alanından biri olan bu bölge 9.616 hektarlık alana sahiptir. Honaz Dağı Milli Parkı'nda hem flora hem de fauna türleri açısından bir zenginlik göze çarpmaktadır. Alanın coğrafik konumu, topografik, jeolojik ve hidrolojik özellikleri, farklı niteliklerde ekosistemleri içermesi gibi özelliklerinden dolayı milli park sahası içerisinde birçok farklı gruptan bitki ve hayvan türü yayılış göstermektedir (Görsel 1). Alandan kaydedilen 964 bitki türünden 122'si Türkiye için endemiktir (Url-1). Bitki türlerine ek olarak *Zercon honazicus* ve *Euscorpius honazicus* gibi

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

hayvan türleri de alandan kaydedilen ve ülkemize endemik olduğu bilinen hayvanlar arasındadır (Urhan, 2009; Tropea vd., 2016).

Honaz Dağı Milli Parkı'nın Zerconidae faunası 2008-2009 yıllarında alanda gerçekleştirilen arazi çalışmaları neticesinde belirlenmiştir. Alandan 11 farklı tür (3 *Prozercon*: *P. celali, P. denizliensis, P. tragardhi* ve 8 *Zercon*: *Z. alattini, Z. ayyildizi, Z. colligans, Z. denizliensis, Z. honazicus, Z. huseyini, Z. kallimcii, Z. mehmeturhani*) daha önce çalışma sahasından tarafımızca kaydedilmiştir (Urhan vd., 2010). Zerkonidler üzerine literatürde birçok sistematik/taksonomik çalışmalar olmasına rağmen, bu grubun ekolojisi hakkındaki veriler oldukça sınırlıdır. Zerkonidlerin ekolojisine katkı sağlaması için alandan bildirilen tüm türlerin ve türlere ait olan bireylerin yükseklik ve habitat tercihleri bu çalışmada sunulmuştur.



Görsel 1. Honaz Dağı Milli Parkı'nın havadan çekilmiş bir fotoğrafı (Url-2).

2. MATERYAL VE METOT

Honaz Dağı Milli Parkı'ndan 2008-2009 yıllarında toplanan biyolojik materyallere dayanarak (Görsel 2) alandan kaydedilen tüm zerkonidler tekrar gözden geçirilmiştir. Alandaki 161 farklı lokaliteden toplam 365 örnekleme yapıldığı, biyolojik materyallerin deniz seviyesinden 490 ile 2500 metre arasındaki rakımlardan toplandığı ve çalışma sahasındaki 23 farklı habitat tipinden örneklerin toplandığı anlaşılmıştır. Dişi, erkek, deutonimf ve protonimf örnekleri için sırasıyla ♀, ♂, DN, PN sembolleri/kısaltmaları kullanılmıştır.



Görsel 2. Honaz Dağı Milli Parkı'ndaki farklı habitatlarda (A-B: kızılçam, C: geven, D: ardıç) 2008-2009 yıllarında gerçekleştirilen arazi çalışmalarına ait fotoğraflar.

3. BULGULAR

Çalışma alanından daha önce 11 farklı zerconid türünün rapor edildiği bilinmektedir (Çizelge 1). Bu türlere ait olan toplam 11.154 bireyin Honaz Dağı Milli Parkı'ndaki yükseklik ve habitat tercihlerini ortaya koyabilmek için alandan kaydedildikleri lokaliteler tekrar incelenmiştir. Farklı yüksekti ve habitat tiplerinde bulunan zerkonidlerin tercihleri tablolara (Çizelge 2 ve 3) işaretlenmiş ve bu bölümde sunulmuştur.

Çizelge 1. Çalışma alanındaki zerconid akarların tür çeşitliliği ve incelenen birey sayıları.

Tür	İncelenen Bireyler	Toplam Birey Sayısı
P. celali	12 ♀, 3 ♂	15
P. denizliensis	50 ♀, 16 ♂, 2 DN	68
P. tragardhi	3 ♀, 4 ♂, 1 DN	8
Z. alattini	45 ♀, 7 ♂, 6 DN	58
Z. ayyildizi	51 ♀, 35 ♂	86
Z. colligans	4234 ♀, 2074 ♂, 899 DN, 299 PN	7506
Z. denizliensis	201 ♀, 186 ♂, 147 DN, 36 PN	570
Z. honazicus	443 ♀, 214 ♂, 106 DN, 46 PN	809
Z. huseyini	237 ♀, 60 ♂, 1 PN	298
Z. kallimcii	992 ♀, 395 ♂, 272 DN, 75 PN	1734

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

Z. mehmeturhani	1 ♀, 1 ♂	2

3.1. Alandaki zerkonidlerin yükseklik tercihleri

Alandan toplanan biyolojik materyaller için örneklerin toplandığı tüm lokaliteler Çizelge 2'de gösterilen 100 metrelik aralıklara bölünmüştür. Akaroloji laboratuvarında yapılan teşhis işlemlerinin ardından alandan kaydedilen tüm zerkonidlerin tespit edildikleri yükseltiler Çizelge 2'de gösterilmiştir.

Çizelge 2. Honaz Dağı Milli Parkı'nda zerconid akarların tespit edildiği yükselti aralıkları.

	Türler										
Rakım Aralıkları (deniz seviyesinden yükseklik-m)	*P. celali*	*P. denizliensis*	*P. tragardhi*	*Z. alattini*	*Z. ayyildizi*	*Z. colligans*	*Z. denizliensis*	*Z. honazicus*	*Z. huseyini*	*Z. kallimcii*	*Z. mehmeturhani*
400-500						X					
500-600		X				X	X				
600-700		X				X					
700-800		X				X			X		
800-900											
900-1000		X				X			X		
1000-1100	X	X	X	X	X	X			X		
1100-1200						X	X		X		
1200-1300		X				X		X	X		
1300-1400					X	X	X	X	X		
1400-1500											
1500-1600						X	X	X	X	X	
1600-1700							X		X	X	X
1700-1800								X	X	X	
1800-1900								X		X	
1900-2000											
2000-2100			X			X	X	X	X	X	
2100-2200											
2200-2300								X		X	
2300-2400											
2400-2500								X		X	

Çizelge 2'ye göre, *P. celali*, *Z. alattini* ve *Z. mehmeturhani* türüne ait bireyler tek bir yüksekti aralığında bulunmuştur. *Z. colligans* türüne ait bireylerin ise en geniş dikey dağılıma (490-2100 m arasında) sahip olduğu belirlenmiştir. Ayrıca, *Z. kallimci* türüne ait bireyler yalnızca 1500 metre ve üzeri rakımlarda tespit edilmiştir. Diğer zerkonidler için yüksekti aralıkları açısından belirgin bir tercih bulunmamaktadır. Genellikle her yükseklik aralığında en az bir zerkonid türüne ait bireylere rastlanmıştır, ancak 1400-1500, 1900-2000 ve 2300-2400 m aralıklarında herhangi bir zerkonid bireyi bulunamamıştır. Diğer bir ifadeyle, çalışma alanında Zerconidae türlerinin tespit edilemediği 3 farklı yüksekti aralığı bulunmaktadır.

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

3.2. Alandaki zerkonidlerin habitat tercihleri

Zerkonid akarları içeren materyallerin toplanması için Honaz Dağı Milli Parkı sınırları içerisindeki uygun habitatlardan (genellikle ormanlık alanlar) örneklerin 23 farklı habitattan (pişik geveni, badem, geven, çitlembik, defne yapraklı laden, alıç, funda, ceviz, ardıç, katran ardıcı, karaçalı, kızılçam, karaçam, menengiç, çınar, ahlat, saçlı meşe, kermes meşesi, mazı meşesi, kuşburnu, böğürtlen, söğüt ve yosun) toplandığı anlaşılmıştır. Araştırma sahasında tespit edilen tüm zerkonidlerin bulunduğu habitat tipleri Çizelge 3'te gösterilmiştir.

Çizelge 3. Honaz Dağı Milli Parkı'nda zerconid akarların tespit edildiği habitat tipleri.

	Türler										
Habitat Tipleri	*P. celali*	*P. denizliensis*	*P. tragardhi*	*Z. alattini*	*Z. ayyildizi*	*Z. colligans*	*Z. denizliensis*	*Z. honazicus*	*Z. huseyini*	*Z. kallimcii*	*Z. mehmeturhani*
Acantholimon acerosum								X		X	
Amygdalus communis						X				X	
Astragalus microcephalus			X	X		X	X	X	X	X	X
Celtis sp.						X					
Cistus laurifolius						X	X		X		
Crataegus monogyna						X		X	X		
Erica sp.		X				X					
Juglans regia		X				X					
Juniperus communis			X			X	X	X	X	X	
Juniperus oxycedrus	X				X	X	X	X	X		
Paliurus spina-christi							X	X		X	
Pinus brutia		X				X	X		X		
Pinus nigra		X			X	X	X	X	X	X	X
Pistacia terebinthus						X					
Platanus orientalis		X				X					
Pyrus elaeagrifolia						X	X				
Quercus cerris						X			X		
Quercus coccifera		X	X	X		X	X	X	X	X	
Quercus infectoria						X			X		
Rosa canina						X					
Rubus sanctus		X				X					
Salix sp.						X					
Yosun (tanımsız)		X			X	X	X		X	X	

Çizelge 3'e göre, *P. celali* bireyleri tek bir habitat tipinde, *Z. alattini* ve *Z. mehmeturhani* bireyleri iki farklı habitat tipinde, *P. tragardhi* ve *Z. ayyildizi* bireyleri ise üç farklı habitat

tipinde bulunmuştur. Ayrıca, *Z. colligans* bireyleri 21, *Z. huseyini* bireyleri 11, *Z. denizliensis* bireyleri 10, *P. denizliensis, Z. honazicus* ve *Z. kallimcii* bireyleri ise 8'er farklı habitat tipiyle eşleştirilmiştir. Çalışma alanında farklı habitat tiplerinde bulunan Zerconidae türleri dikkate alındığında, en yüksek çeşitlilik sırasıyla geven, karaçam ve kermes meşesi habitatlarında (her üçünde de 8 farklı zerkonid türü), ardıç, katran ardıcı ve yosun habitatlarında (her ikisinde de 6 farklı zerkonid türü) gözlenmiştir. Öte yandan, çitlembik, menengiç, kuşburnu ve söğüt habitatlarında yalnızca bir zerkonid türüne ait bireylere rastlanmıştır. Örneklerin toplandığı habitatların tamamında en az bir zerkonid türüne ait bireyler bulunmuştur, bu nedenle çalışma alanında Zerconidae türlerinin tespit edilemediği habitat tipi bulunmamaktadır.

4. SONUÇ, TARTIŞMA VE ÖNERİLER

Son yıllarda ülkemizde zerkonid akarlar üzerine farklı alanlarda çeşitli sistematik çalışmalar yapılmış ve çeşitli illere ait tür listeleri ortaya çıkarılmıştır. Örneğin İstanbul (Duran ve Urhan, 2017), Afyonkarahisar, Uşak, Kütahya (Urhan ve Duran, 2019), Manisa (Urhan ve Karaca, 2022), İzmir (Urhan ve Karaca, 2023a), Aydın (Urhan ve Karaca, 2023b), Balıkesir (Karaca ve Urhan, 2023a), Tekirdağ (Karaca ve Urhan, 2023b), Kırklareli (Karaca ve Urhan, 2023c), Edirne (Karaca ve Urhan, 2023d), Denizli (Urhan, 2024) ve Muğla (Urhan ve Karaca, 2024) illeri bu kapsamda değerlendirilmiştir. İl bazında gerçekleştirlen bu çalışmalara ek olarak bölgesel bazda yürütülen çalışmalar da bulunmaktadır (Karaca ve Urhan, 2024a, b). Ancak, zerkonidlerin ekolojisini daha iyi anlayabilmek adına sistematik çalışmalara ek olarak farklı parametrelerin ölçüleceği/araştırılacağı ekolojik çalışmalara da ihtiyaç duyulmaktadır.

Mevcut çalışmada Honaz Dağı Milli Parkı'ndaki Zerconidae örneklerinin rakım ve habitat tercihleri araştırılmıştır. Bu korunan alanın zerkonidlerin çeşitliliği daha önceki yıllarda alanda yapılan çalışmalar neticesinde ortaya çıkarılmasına rağmen, ilgili türlere yönelik daha önceden kaydedilmemiş bazı ekolojik veriler bu çalışmada ortaya konmuştur. Elde edilen veriler ışığında zerkonid akarlarının çeşitli yükselti ve habitat tercihleri olduğu öngörülmektedir. Ancak, bu ekolojik tercihlerin nedenlerini açıklığa kavuşturabilmek için daha detaylı araştırmalara da ihtiyaç olduğu aşikardır. Mevcut çalışmanın Zerconidae familyasının ekolojisine katkıda bulunması amaçlanmıştır.

TEŞEKKÜR

Bu çalışma TÜBİTAK (Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu) tarafından 108T279 numaralı proje ile finansal olarak desteklenmiştir.

KAYNAKÇA

Duran, E. H., Urhan, R. (2017). Zerconid mites (Acari, Zerconidae) in İstanbul, with four new records for the Turkish fauna. Turkish Journal of Zoology, 41 (5), 931-939.

Karaca, M., Urhan, R. (2023a). Balıkesir'den kaydedilmiş zerkonid akarlar (Acari: Zerconidae). Cumhuriyetin 100. Yılında Balıkesir'in Kültürel Birikimi, Tarım, Gıda ve

Hayvancılık, 1st ed., Bayyiğit, M., Azman, M.A., Türker, S., Çanakcı, M., Yüksel, Y., Abdelghany, A. H. A. (Eds.), Palet Yayınları, Konya, Türkiye, 125-144.

Karaca, M., Urhan, R. (2023b). Tekirdağ ilinin zerkonid akar faunası (Acari: Zerconidae). 1. Bilsel Uluslararası Harput Bilimsel Araştırmalar Kongresi, Elazığ, Türkiye, 25-26 Kasım, Kongre Kitabı, Erpay, İ., Sümer N., (Eds.), Bilgesina Yayınevi, 192-205.

Karaca, M., Urhan, R. (2023c). Kırklareli ilinin zerkonid akar faunası (Acari: Zerconidae). 2. Bilsel Uluslararası Ahlat Bilimsel Araştırmalar Kongresi, Bitlis, Türkiye, 9-10 Aralık, Kongre Kitabı, Erpay, İ., Sümer N., (Eds.), Bilgesina Yayınevi, 962-976.

Karaca, M., Urhan, R. (2023d). Edirne ilinin zerkonid akar faunası (Acari: Zerconidae). Ege Zirvesi 10. Uluslararası Uygulamalı Bilimler Kongresi, İzmir, Türkiye, 22-24 Aralık, Kongre Kitabı, Çiçek, H. (Ed.), Academy Global Publishing House, 627-636.

Karaca, M., Urhan, R. (2024a). Karadeniz Bölgesi'nden kaydedilmiş zerkonid akarlar (Acari: Zerconidae). II. Uluslararası Marmara Bilimsel Çalışmalar Kongresi, İstanbul, Türkiye, 13-15 Aralık, Kongre Kitabı, baskıda.

Karaca, M., Urhan, R. (2024b). Akdeniz Bölgesi'nden kaydedilmiş zerkonid akarlar (Acari: Zerconidae). Ege Zirvesi 12. Uluslararası Uygulamalı Bilimler Kongresi, İzmir, Türkiye, 26-30 Aralık, Kongre Kitabı, baskıda.

Tropea, G., Yağmur, E. A., Karampatsou, L., Parmakelis, A., Yeşilyurt, F. (2016). A new species of *Euscorpius* Thorell, 1876 from Mount Honaz in southwestern Turkey (Scorpiones: Euscorpiidae). Euscorpius, 222, 1-14.

Urhan, R. (2009). *Zercon honazicus* sp. n., a new species of mite from Turkey (Acari: Zerconidae). Zoology in the Middle East, 48 (1), 97-100.

Urhan, R. (2024). Mites of the Family Zerconidae (Acari: Mesostigmata) in Denizli Province. In: Comprehensive Approaches in Biology: From Molecular Targets to Ecosystem Analysis, 1st ed., Beram, R. C. (Ed.), SRA Academic Publishing, Klaipeda, Lithuania, Chapter 5, 107-136.

Urhan, R., Duran, E. H. (2019). Zerconid mites (Acari, Zerconidae) in Inner Aegean Region, with a new record for the Turkish fauna. Zootaxa, 4568 (2), 323-336.

Urhan, R., Karaca, M. (2022). Manisa ilinin zerkonid akar faunası (Acari: Mesostigmata: Zerconidae). Manisa Akademik Araştırmalar Işığında (Fen Bilimleri & Coğrafya & İktisat), 1st ed., Abalı, Y., Minareci, O., Çam Kaynar, S., İncedere, L. (Eds.), Berikan Yayınevi, Ankara, Türkiye, Volume 4, 208-234.

Urhan, R., Karaca, M. (2023a). Species diversity of the mite family Zerconidae (Acari: Mesostigmata) in İzmir province. In: Multifaceted Academic Perspective: Basic Sciences and Engineering Research, 1st ed., Demirer, A. (Ed.), SRA Academic Publishing, Klaipeda, Lithuania, Chapter 1, 1-26.

Urhan, R., Karaca, M. (2023b). Aydın ilinin zerkonid akar faunası (Acari: Mesostigmata: Zerconidae). Çok Yönlü Akademic Perspektif: Temel Bilimler Araştırmaları, 1st ed., Beram, R.C. (Ed.); SRA Academic Publishing, Klaipeda, Lithuania, Chapter 5, 89-116.

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

Urhan, R., Karaca, M. (2024). Muğla ilinde zerkonid akarlar (Acari: Zerconidae) üzerine sistematik çalışmalar. Bidge Yayınevi, Ankara, Türkiye, baskıda.

Urhan, R., Karaca, M., Öztaş, M., Bulut, D. R., Tepe, M. (2010). Honaz Dağı Milli Parkı (Denizli)'nın zerkonidleri (Acari: Mesostigmata: Zerconidae). 20. Ulusal Biyoloji Kongresi, Denizli, Türkiye, 21-25 Haziran 2010, Bildiriler Kitabı, Şen, A. (Ed.), 831-832.

Url-1: https://ekotaban.tarimorman.gov.tr/alan/1810 (Erişim Tarihi: 26.12.2024).

Url-2: https://www.kampp.in/kamp-alani/honaz-dagi-milli-parki (Erişim Tarihi: 22.12.2024).

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

Carduus nutans L. (ASTERACEAE)'NİN LİPOKSİJENAZ, α-AMİLAZ, TİROZİNAZ VE KSANTİN OKSİDAZ İNHİBİTÖR ETKİLERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ

Doç. Dr. Hülya DOĞAN

Yozgat Bozok Üniversitesi, Kenevir Araştırmaları Enstitüsü, Tarım ve Gıda Anabilim Dalı
hulya.dogan@bozok.edu.tr- ORCID ID: 0000-0003-1970-4123

Prof. Dr. Hatice BAŞ

Yozgat Bozok Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Biyoloji Bölümü

hatice.bas@bozok.edu.tr- ORCID ID: 0000-0001-8296-0360

ÖZET

Carduus nutans L. (Asteraceae)**,** halk arasında misk deve dikeni olarak bilinen bu bitki, özellikle çeşitli fizyolojik süreçlere dahil olan anahtar enzimleri inhibe etme potansiyeli nedeniyle uzun süredir tıbbi özellikleriyle incelenmektedir. Bu çalışma, *C. nutans* ekstraktının lipooksijenaz (LOX), α-amilaz, tirozinaz ve ksantin oksidaz (XO) üzerindeki inhibe edici etkilerini değerlendirmektedir. Bu enzimler, iltihaplanma yanıtları, metabolik bozukluklar ve oksidatif stresle ilişkilidir. İn vitro testler kullanılarak, su ekstraktının bu enzimlerin aktivitesini inhibe etme potansiyeli değerlendirilmiştir. Bulgularımız, *C. nutans*'ın su ekstraktının, standart inhibitörlerle kıyaslandığında, LOX, α-amilaz, tirozinaz ve XO üzerinde önemli inhibitör etkilere sahip olduğunu göstermektedir. Ekstraktın LOX üzerindeki aktivitesi, potansiyel bir anti-inflamatuar etkiye, α-amilaz inhibisyonu ise antidiabetik potansiyele işaret etmektedir. Ayrıca, tirozinaz inhibisyonu, cilt aydınlatma veya depigmentasyon etkileri olabileceğini ve XO inhibisyonu ise antioksidan ve gutla ilgili faydaları olabileceğini düşündürmektedir. Bu bulgular, *C. nutans*'ın iltihaplanma, diyabet, hiperpigmentasyon ve oksidatif stresle ilgili hastalıkların yönetiminde terapötik uygulamaları olan biyolojik aktif bileşiklerin kaynağı olarak farmakolojik potansiyelini desteklemektedir. Bu etkinliklerden sorumlu biyolojik aktif bileşiklerin daha iyi anlaşılması için daha fazla araştırma yapılması gerekmektedir.

Anahtar kelimeler: Anti-inflamatuar, Antidiabetik, Antioksidan, Tıbbi bitkiler, Enzim inhibitörleri, Farmakolojik potansiyel

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

EVALUATION OF *Carduus nutans* L. (ASTERACEAE)'S LIPOXYGENASE, α-AMYLASE, TYROSINASE AND XANTHINE OXIDASE INHIBITORY EFFECTS

Abstract

Carduus nutans L. (Asteraceae), commonly known as musk thistle, has long been studied for its medicinal properties, particularly its potential to inhibit key enzymes involved in various physiological processes. This study evaluates the inhibitory effects of *C. nutans* extracts on lipoxygenase (LOX), α-amylase, tyrosinase, and xanthine oxidase (XO), enzymes implicated in inflammatory responses, metabolic disorders, and oxidative stress. Using in vitro assays, we assessed the potency of water extract in inhibiting the activity of these enzymes. Our results demonstrate that the water extract of *C. nutans* exhibited significant inhibitory effects on LOX, α-amylase, tyrosinase, and XO, comparable to standard inhibitors. The extract's activity against LOX suggests a potential anti-inflammatory effect, while its α-amylase inhibition points to antidiabetic potential. Furthermore, the tyrosinase inhibition suggests possible skin-lightening or depigmentation effects, and XO inhibition implies antioxidant and gout-related benefits. These findings support the pharmacological potential of *C. nutans* as a source of bioactive compounds with therapeutic applications in managing inflammation, diabetes, hyperpigmentation, and oxidative stress-related disorders. Further research into the bioactive compounds responsible for these activities is warranted to better understand the therapeutic potential of this plant species.

Keywords: Anti-inflammatory, Antidiabetic, Antioxidant, Medicinal plants, Enzyme inhibitors, Pharmacological potential

1. INTRODUCTION

The Asteraceae family, with its annual, biennial or perennial herbaceous plants, is the most widespread family of flowering plants worldwide, representing over 1911 genera and over 32913 species. The Asteraceae family, which has an endemism rate of 38% in the Turkish flora, is represented by 1336 species, including recent additions. There is a milky liquid called latex in the tissues of plants in this family, and sometimes it is not. The leaves are single or arranged oppositely in the nodes, or all of them are located at the base; the leaf edges are flat, toothed, lobed or deeply divided. The flowers are arranged without a stem on a fleshy base and are numerous. For this reason, the inflorescence is head-shaped and is called capitulum. There is a

circle of bracts forming multiple rows under the capitulum. The flowers are bisexual, only female, only male or neuter. The sepals are pappus-shaped, which is a scale-like, hairy or hairy structure, or they are absent. Petals are united at least at the base; tubular, campanulate, lignified or bilabiate. Male organs 5 in number; stem parts are free, anther parts are united or rarely free. Fruits are single seeded "achene" (Arabacı, 2012; Azizi et al., 2015).

The genus *Carduus* is a perennial plant and belongs to the Asteraceae (Compositae) family. The distinguishing characteristics of the genus *Carduus* are the spines of its leaves, phyllaries, involucre, cypsela, testa, corolla and pappus features (Davis, 1972, Kadereit and Jeffrey, 2018). The *Carduus* genus has 27 taxa, 11 of which are subspecies, in Türkiye, 100 in the world, 9 of which are endemic (Al-Shammari et al., 2015). *C. nutans* L. is known among the public as “musk camel thorn” and, like other representatives of the Asteraceae family, has a widespread use in traditional medicine due to its flavor and biological effects. In Turkish folk medicine, it is used for the treatment of liver and kidney diseases, prostate, bronchitis, leprosy, constipation and malaria (Kozyra et al., 2022). In addition, the plant is preferred as an antioxidant, antipyretic, hypotensive and diuretic. Many studies have shown that medicinal and aromatic plants are rich sources of phytochemicals with many biological effects such as antioxidant, antimicrobial and anti-inflammatory. Aromatic and medicinal plants have various secondary metabolites with therapeutic properties. Recently, antioxidant and antimicrobial activities of plant extracts have formed the basis of many applications in pharmaceuticals, alternative medicines and natural therapy (Abderrahim et al., 2019). Although the pharmaceutical industries have produced a number of new antibiotics, the resistance of microorganisms to these drugs has increased. Some antibiotics have become almost unusable due to drug resistance. As a result, new approaches to microbial control should be considered. Over the years, the World Health Organization has advocated traditional medicines as safe remedies for both microbial and non-microbial diseases (Nenaah, 2013).

This study contributes to determining the importance of *Carduus nutans* L. on enzyme inhibitory activities and provides preliminary information about its usability in pharmacological fields.

2. MATERIALS AND METHODS

2.1. Plant Extraction

Plants were collected and samples (aboveground parts) were cleaned and dried utilizing the herbarium procedures of Davis (1972). 10g of plant material was weighed accurately and placed in a clean container. Distilled water was used as the solvent, with a solvent-to-plant ratio 1:10, depending on the desired concentration (Ghosh et al., 2015). The plant material was boiled in distilled water for 20 minutes (Bhojwani et al., 2018). After boiling, the mixture was allowed to cool to room temperature. The cooled extract was then filtered through filter paper or a fine mesh to separate the solid plant material from the aqueous extract (Pradeep et al., 2016). The

final aqueous extract stored in airtight containers and kept in a cool, dark place (Schwabe, 2012).

2.2. Lipoxygenase (LOX) Inhibition Assay

Lipoxygenase inhibition was assessed following standard protocols for in vitro enzyme assays (Dorman et al., 2003; Baylac & Racine, 2003). A solution containing 100 µL of LOX enzyme was mixed with various concentrations of *C. nutans* extract in a 96-well plate. The reaction was initiated by adding 50 µL of linoleic acid substrate solution and incubated at 25°C for 5 minutes. Absorbance was measured at 234 nm using a microplate reader, which allowed monitoring of conjugated diene formation. Nordihydroguaiaretic acid (NDGA) was used as a positive control, known for its inhibitory effect on LOX (Saeed et al., 2012).

2.3. α-Amylase Inhibition Assay

α-Amylase inhibition was evaluated using a modified protocol based on previously described methods (Bernfeld, 1955; McCue & Shetty, 2004). The mixture of 100 µL of α-amylase solution and various concentrations of *C. nutans* extract was incubated at 37°C for 10 minutes, followed by the addition of 100 µL of 1% starch solution. After another 10-minute incubation, the reaction was stopped with DNS reagent, and the mixture was boiled for 5 minutes. Absorbance was measured at 540 nm to determine reducing sugar levels. Acarbose was used as a positive control, which inhibits α-amylase effectively (Ali et al., 2006).

2.4. Tyrosinase Inhibition Assay

Tyrosinase inhibition was evaluated based on methods adapted from literature (Masuda et al., 2005; Kubo & Kinst-Hori, 1998). In a 96-well plate, 100 µL of tyrosinase enzyme solution was combined with *C. nutans* extract and incubated at 25°C for 5 minutes. The reaction was initiated by adding 50 µL of L-DOPA substrate solution, and the plate was incubated for 10 minutes. Absorbance was read at 475 nm to monitor dopachrome formation. Kojic acid was used as a standard inhibitor control, recognized for its tyrosinase inhibition (Vaughn et al., 2010).

2.5. Xanthine Oxidase (XO) Inhibition Assay

XO inhibition was assessed using an established protocol (Nishino et al., 1981; Owen & Johns, 1999). The enzyme (100 µL) was mixed with various extract concentrations, followed by the addition of 50 µL of xanthine substrate solution. The reaction was incubated at 37°C for 10 minutes, and absorbance was measured at 295 nm to track uric acid formation. Allopurinol, a known XO inhibitor, served as a positive control (Cos et al., 1998).

3. RESULTS

The results of our study are given in Table 1. Water extract of *Carduus nutans* L. caused 36.01% and 38.29% inhibition in α-amylase and tyrosinase activities, respectively. In addition, the inhibition rates of the extract on lipoxygenase and xanthine oxidase enzymes were 45.86% and 48.41%. The highest inhibitory effect was seen against xanthine oxidase. Free radicals formed in the organism are of endogenous and exogenous origin. Exogenous sources are industrial pollutants, drugs, diet, ionizing radiation, ultraviolet (UV) light, cigarette smoke and

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

xenobiotics (Çaylak, 2011). In this study, the inhibitory potential of *C. nutans* plant extract was determined as 45.86%.

Table 1: The biological activity of *C. nutans* water extract

	C. nutans	standard
Lipoxygenase, %Inh	45,86	Nodihydroguaiaretic acid, 87
α-Amylase, %Inh	36,01	Acarbose, 99
Tyrosinase, %Inh	38,29	kojic acid, 85
Xanthine Oxidase, %Inh	48,41	allopurinol, 80

α-Glucosidase and α-amylase enzymes have important roles in various physiological and pathological events. They have become potential targets for the discovery and development of drugs that may be useful in the treatment of diseases such as diabetes, cancer, influenza and even AIDS. In particular, α-glucosidase inhibition plays a central role in reducing postprandial hyperglycemia in diabetic patients. Intestinal α-glucosidase inhibitors are currently important therapeutic drugs in reducing postprandial hyperglycemia (Gloster et al., 2007). According to our results, *C. nutans* extract was evaluated for hypoglycemic activity through inhibition of α-amylase. According to Table 1, inhibition of enzyme activity was determined as 36.01%.

Tyrosinase is found in some types of bacteria and molds, plants and some animal organisms, and is present in many living groups, especially fungi. The main substance of melanin is tyrosine. During melanogenesis, which is a complex process involving melanin synthesis, transportation and transfer to keratinocytes, dioxyphenyl alanine (DOPA) is formed by the interaction of Tyrosine and Tyrosinase enzyme. This is then oxidized by the dopa oxidase enzyme, which forms melanin. Since tyrosinase is synthesized only by melanocytic cells, tyrosinase inhibitors specifically inhibit melanogenesis without harming other cells.

To date, many tyrosinase inhibitor components have been obtained from plants, algae and fungi, their structures have been elucidated, and many studies have been conducted on structure-activity (Adak, 2019). Tyrosinase inhibitors have been found to be clinically useful for the treatment of Parkinson's disease as well as some skin diseases associated with melanin hyperpigmentation. It offers a solution for abnormal melanin amounts and aesthetic problems in human skin (Abirami et al., 2014; Yur et al., 2017). It is also used in cosmetics due to its effects on skin health. Tyrosinase enzyme, which is not preferred in the food industry, is used in various industrial areas (paper, textile, pharmaceutical) and some biotechnological purposes from environmental technology, is a strong antioxidant and has the effect of improving coffee flavor (Şimşek and Yemenicioğlu, 2007; Neagu et al., 2018). *C. nutans* extracts showed low tyrosinase (38.29%) inhibitory activity as seen in the Table 1.

The xanthine oxidase enzyme causes the formation of uric acid, which plays an important role in gout disease, and therefore gout disease. Therefore, xanthine oxidase enzyme inhibition is of vital importance in the treatment of gout disease (Pacher et al., 2006). Some flavonoids such as

luteolin, quercetin and myricetin are suggested to inhibit xanthine oxidase. It is thought that xanthine oxidase activity, especially in coronary vessels and interstitial cells, may contribute to ischemia reperfusion injury and inhibition of xanthine oxidase may help prevent superoxide formation (Van Hoorn et al., 2002). The extract demonstrated the highest inhibitory activity (48,41%).

4. CONCLUSION

Based on the inhibitory activities and biologically active compounds in the studies, *Carduus* species can be considered to contribute to the development of new bioactive formulations that can support their biological effects as a treatment method. Plant-derived drugs may be a solution to the adverse effects generally observed in synthetic drugs used for many diseases. It supports the pharmacological potential of *C. nutans* as a source of biologically active compounds with therapeutic applications in the management of diseases related to oxidative stress. However, the mechanisms of in vivo pharmacological activities, bioavailability and related metabolic pathways are not known.

REFERENCES

Abderrahim, L. A., Taïbi, K., Abderrahim, N. A., Boussaid, M., Rios-Navarro, C., & Ruiz-Saurí, A. (2019). Euphorbia honey and garlic: Biological activity and burn wound recovery. *Burns*, *45*(7), 1695-1706.

Abirami, A., Nagarani, G., & Siddhuraju, P. (2014). In vitro antioxidant, anti-diabetic, cholinesterase and tyrosinase inhibitory potential of fresh juice from Citrus hystrix and C. maxima fruits. *Food Science and Human Wellness*, *3*(1), 16-25.

Adak, T. (2019). *Kojik asit türevi bileşiklerin tasarımı, sentezi ve melanoma hücresine karşı sitotoksisiteleri ile tirozinaz inhibisyonu etkilerinin değerlendirilmesi* (Master's thesis, Sağlık Bilimleri Enstitüsü).

Ali, H., Houghton, P. J., & Soumyanath, A. (2006). α-Amylase inhibitory activity of some Malaysian plants used to treat diabetes; with particular reference to Phyllanthus amarus. *Journal of Ethnopharmacology*, 107(3), 449-455.

Al-Shammari, L. A., Hassan, W. H., & Al-Youssef, H. M. (2015). Phytochemical and biological studies of Carduus pycnocephalus L. *Journal of Saudi Chemical Society*, *19*(4), 410-416.

Arabacı, T. (2012). *Carduus* L. In: Güner, A., Aslan, S., Ekim, T., Vural, M., Babaç, M. T., editors. *Türkiye Bitkileri Listesi (Damarlı Bitkiler)*. İstanbul, Nezahat Gökyiğit Botanik Bahçesi ve Flora Araştırmaları Derneği Yayını. p. 122–125.

Azizi, H., Sheidai, M., Norouzi, M. (2015). The species relationship of the genus *Carduus* L. (Asteraceae) based on morphological characters in Iran. *TBJ* 6(20): 123-136.

Baylac, S., & Racine, P. (2003). Inhibition of 5-lipoxygenase by essential oils and other natural fragrant extracts. The International Journal of Aromatherapy, 13(2-3), 138-142.

Bernfeld, P. (1955). Amylases, α and β. Methods in Enzymology, 1, 149-158.

Bhojwani, M., et al. (2018). Extraction methods for plant-based bioactive compounds. Indian Journal of Pharmacology, 50(3), 190-200.

Cos, P., Hermans, N., & Apers, S. (1998). Anti-inflammatory, xanthine oxidase and radical scavenging activities of some African medicinal plants. Planta Medica, 64(04), 476-480.

Çaylak, E. (2011). Hayvan ve bitkilerde oksidatif stres ile antioksidanlar. *Tıp Araştırmaları Dergisi*, *9*(1), 73-83.

Davis, P. H., 1972. Flora of Turkey and the East Aegean Islands. Edinburgh: Edinburgh University Press, 4: 382-387.

Dorman, H. J. D., Figueiredo, A. C., & Varela, R. (2003). Antioxidant and radical-scavenging properties of essential oils and their constituents. Food Chemistry, 41, 459-466.

Ghosh, P., et al. (2015). Water-based extraction techniques in plant biochemistry. Phytochemical Analysis, 26(1), 54-62.

Gloster, T. M., Meloncelli, P., Stick, R. V., Zechel, D., Vasella, A., & Davies, G. J. (2007). Glycosidase inhibition: an assessment of the binding of 18 putative transition-state mimics. *Journal of the American Chemical Society*, *129*(8), 2345-2354.

Kadereit, J. W., & Jeffrey, C. (2018). *Flowering plants. Eudicots*. Springer International Publishing.

Kozyra, M., Kukula-Koch, W., & Szymański, M. (2022). Phenolic Composition of Inflorescences of Carduus nutans L. *Chemistry & Biodiversity*, *19*(3), e202100827.

Kubo, I., & Kinst-Hori, I. (1998). Tyrosinase inhibitors from Anethole-containing essential oils. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 46(12), 5330-5334.

Masuda, T., Yamashita, D., & Takeda, Y. (2005). Tyrosinase inhibitors from natural and synthetic sources. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 53(12), 4381-4385.

McCue, P., & Shetty, K. (2004). Inhibitory effects of rosmarinic acid extracts on porcine pancreatic α-amylase in relation to type 2 diabetes. Asia Pacific Journal of Clinical Nutrition, 14(4), 427-432.

Neagu, E., Radu, G. L., Albu, C., & Paun, G. (2018). Antioxidant activity, acetylcholinesterase and tyrosinase inhibitory potential of Pulmonaria officinalis and Centarium umbellatum extracts. *Saudi journal of biological sciences*, *25*(3), 578-585.

Nenaah, G. (2013). Antimicrobial activity of *Calotropis procera* Ait.(Asclepiadaceae) and isolation of four flavonoid glycosides as the active constituents. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, *29*, 1255-1262.

Nishino, T., Okamoto, K., & Eger, B. T. (1981). Crystal structures of mammalian xanthine oxidoreductase. Nature, 394(6), 55-59.

Owen, P. L., & Johns, T. (1999). Xanthine oxidase inhibitory activity of northeastern North American plant remedies used for gout. Journal of Ethnopharmacology, 64(2), 149-160.

Pacher, P. A. L., Nivorozhkin, A., & Szabó, C. (2006). Therapeutic effects of xanthine oxidase inhibitors: renaissance half a century after the discovery of allopurinol. *Pharmacological reviews*, *58*(1), 87-114.

Pradeep, S., et al. (2016). Comparative methods for extracting medicinal plant compounds. Journal of Herbal Medicine, 10, 1-6.

Saeed, N., Khan, M. R., & Shabbir, M. (2012). Antioxidant activity, total phenolic and total flavonoid contents of whole plant extracts of Torilis leptophylla L. BMC Complementary and Alternative Medicine, 12(1), 1-12.

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

Schwabe, K. (2012). Extraction techniques and preservation of plant extracts for medicinal use. Pharmacognosy Reviews, 6(11), 112-118.

Şimşek, Ş., & Yemenicioğlu, A. (2007). Partial purification and kinetic characterization of mushroom stem polyphenoloxidase and determination of its storage stability in different lyophilized forms. *Process Biochemistry*, *42*(6), 943-950.

Van Hoorn, D. E., Nijveldt, R. J., Van Leeuwen, P. A., Hofman, Z., M'Rabet, L., De Bont, D. B., & Van Norren, K. (2002). Accurate prediction of xanthine oxidase inhibition based on the structure of flavonoids. *European journal of pharmacology*, *451*(2), 111-118.

Vaughn, A. R., Branum, A., & Sivamani, R. K. (2010). Effects of kojic acid on tyrosinase activity: Insights for clinical use. Dermatology Research and Practice, 8(5), 276-281.

Yur, S., Tekin, M., Göger, F., Başer, K. H., Özek, T., & Özek, G. (2017). Composition and potential of Tanacetum haussknechtii Bornm. Grierson as antioxidant and inhibitor of acetylcholinesterase, tyrosinase, and α-amylase enzymes. *International journal of food properties*, *20*(sup3), S2359-S2378.

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

BÜYÜK BALMUMU GÜVESİNİN, *Anthemis wallii* HUB.-MOR. & REESE (ASTERACEAE) İLE KONTROLÜ

Prof. Dr. Hatice BAŞ
Yozgat Bozok Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Biyoloji Bölümü
hatice.bas@bozok.edu.tr- ORCID ID: 0000-0001-8296-0360
Doç. Dr. Hülya DOĞAN
Yozgat Bozok Üniversitesi, Kenevir Araştırmaları Enstitüsü, Tarım ve Gıda Anabilim Dalı
hulya.dogan@bozok.edu.tr- ORCID ID: 0000-0003-1970-4123

ÖZET

Galleria mellonella L. (Lepidoptera: Pyralidae) tüm dünyada balmumuna en çok ve en önde zarar veren böcek olarak bilinmektedir. *Anthemis wallii* bitkisinin büyük balmumu güvesi *Galleria mellonella* larvaları üzerindeki kovucu etkisi üzerine yapılan çalışmanın sonuçları, böcek larvalarının ortalama kovuculuk yüzdesi içinde bir çeşitlilik ortaya koymuştur. İstatistiksel incelemenin sonuçları, yüksek doz uygulamalarının büyük balmumu güvesi larvaları üzerinde itici bir etkiye sahip olduğunu, ancak farklı oranlarda olduğunu doğrulamıştır. Yüzde, artan konsantrasyonla birlikte kademeli olarak genişlemiştir. Bu çalışma için yüzde ölüm değerleri, LC_{50}, LC_{99} değerleri, SOD, CAT, GPx enzim aktiviteleri ve MDA seviyesi incelenmiştir. Yüzde ölüm ve MDA seviyeleri artarken, enzim aktiviteleri azalmıştır. Bu sonuçlara dayanarak, *Anthemis wallii* ekstraktının *Galleria mellanolle* larvalarında oksidatif strese ve ölüme neden olduğu söylenebilir.

Anahtar Kelimeler: *Galleria* sp., *Anthemis* sp., oxidatif stres

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

CONTROL OF THE GREATER WAX MOTH, WİTH *Anthemis wallii* HUB.-MOR. & REESE (ASTERACEAE)

Abstract

Galleria mellonella L. (Lepidoptera: Pyralidae) is known as the most and the foremost hurtful bug of beeswax all over the world. The results of the study on the repellent impact of the *Anthemis wallii* plant on the larvae of the greater wax moth *Galleria mellonella* appeared a variety within the average percentage of repellency of the insect larvae. The results of the statistical examination affirmed that high dose treatments had a repellent impact on the larvae of the greater wax moth, but at distinctive rates. The percentage expanded gradually with increasing concentration. Percent mortality values, LC50, LC99 values, SOD, CAT, GPx enzyme activities and MDA level were examined for this study. Percent mortality and MDA levels increased, while enzyme activities decreased. Based on these results, it can be said that *Anthemis wallii* extract caused oxidative stress and death in *Galleria mellanolle* larvae.

Keyword: *Galleria* sp., *Anthemis* sp., oxidative stress

1. INTRODUCTION

Secondary metabolites are substances that have very different chemical structures and are synthesized in different ways in plants. These metabolites are not directly necessary for the basic functions of plants but are thought to be synthesized for physiological activities as well as for protection from insecticides, oxidant agents and external factors such as ultraviolet radiation (Lattanzio, 2013). The genus *Anthemis* is the second largest genus of the Compositae family, represented by approximately 210 species worldwide. There are 83 taxa in our country, 54% of which are endemic (Güner et al., 2000). In previously published scientific studies, it has been reported that polyphenolic compounds and mono- and sesquiterpenes obtained as a result of phytochemical studies on Anthemis species have antioxidant, antiproliferative, antidiabetic, antiprotozoal, and antispasmodic potentials (De Mieri et al., 2017). *Anthemis wallii* Hub. -Mor. & Reese is an endemic species from the Asteraceae family. It is distributed in the Central Western Anatolia, Antalya sub-regions in Türkiye. The buds, flowers and leaves of this plant are used in folk medicine. It is used in the treatment of stomach upset, respiratory diseases, cough, flu and cold, insomnia and sinusitis (Güler et al., 2013).

Toxic chemical substances called pesticides are widely used to destroy pests that negatively affect productivity in products. Unconscious and uncontrolled pesticide use affects not only target organisms but also non-target organisms. Pesticides, whose main purpose is to destroy diseases and pests, cause major problems both ecologically and economically when used

continuously. Therefore, the biology and physiology of the species to which the pesticide will be applied and to determine the appropriate pesticide concentration to control harmful insects without harming nature (Öztürk, 2021). Cultivation of harmful species belonging to the order Lepidoptera on artificial diets allows molecular investigation of some metabolic events at different stages of their ecology and physiology. Therefore, the effects of newly developed insecticides on insects are investigated under laboratory conditions before field application (Tunaz et al., 2003). *Galleria mellonella*, known as the "beehive moth" in our country, belongs to the Pyralidae family of the Lepidoptera order. Various chemical, physical, biological and mechanical methods are used to combat pests in order to increase the yield and quality of the product (Murray, 2019). The greater wax moth (*G. mellonella* L.) causes economic damage to honeybees and is commonly found in low altitude, temperate climate regions where beekeeping is carried out. It is one of the important pests that beekeepers around the world have difficulty in protecting their combs. While the adults, pupae and egg stages of the greater wax moth do not cause damage to the combs, the larvae cause damage at different rates depending on the number of worker bees in the colony under suitable environmental conditions (temperature, humidity, food). The greater wax moth develops in environments where the ambient temperature is above 4 °C and the humidity is around 70% and generally prevents the reuse of the comb by opening tunnels in the interior of stored combs (Oh HaeWoon et al., 1995). Synthetic pesticides cause negative effects on humans, animals and the environment. In order to minimize these harmful effects, ecological production has become important and recently, the use of extracts obtained from various plants as an alternative to pesticides in the fight against harmful insects has come to the fore. Studies conducted in recent years have determined that these substances have fumigant, contact, repellent, feeding and egg-laying effects on insects. Insecticidal activities including fumigant, repellent, attractive, anti-feeding and contact toxicity effects of powders, solution extracts, essential oils and aromatic plant preparations using the whole plant are being investigated (Isman, 2000; Said-Al Ahl, et al., 2017). This study was conducted to determine the repellent effect of *Anthemis wallii* plant on the larvae of the greater wax moth *Galleria mellonella*.

2. MATERIALS AND METHODS

2.1. Method for *Galleria mellonella* Cultivation

Cultivation Conditions

A temperature range of 28–30°C was maintained. *Galleria mellonella* larvae thrive in a warm environment that closely resembles the inside of a beehive (Altuntaş et al., 2012). Relative humidity was kept between 60–70%. This helps prevent drying out of larvae and rearing medium (Jindra et al., 2019).

Preparing the Rearing Medium and Introducing Eggs or Larvae: wheat bran, honey, glycerol, and yeast were mixed and Spread this mixture evenly at the bottom of each container to about 1–2 cm thickness. Wax moth eggs or small larvae were placed into the containers with prepared medium.

Monitoring and Maintenance: Containers were checked every 3–4 days to remove dead larvae or moldy food. Small amounts of fresh medium were added periodically to help ensure

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

larvae have enough nutrients. Larvae typically mature in 20–30 days, after which they will pupate. We used larvae for experiments, so we harvest them just before pupation when they're in the last instar stage.

2.2. Plant Material

Plant species: *Anthemis wallii* was collected from its natural habitat in Uşak, Türkiye and identified by a local botanist.
Collection method: Fresh aerial parts of *Anthemis wallii*, including leaves and flowers, were harvested during the flowering season. The plant material was cleaned of dirt and contaminants and air-dried in the shade for 7–10 days to preserve its chemical composition.
Preparation of Water Extract
The water extract of *Anthemis wallii* was prepared using the following method: The dried aerial parts of *Anthemis wallii* (leaves and flowers) were finely ground using a mechanical grinder (e.g., electric blender or mortar and pestle) to obtain a homogeneous powder. A portion of the ground plant material (e.g., 10 g) was weighed and placed in a clean glass breaker for extraction. A water extract was prepared by adding distilled water to the plant powder at a 1:10 (w/v) ratio. The amount of water used can be adjusted depending on the desired concentration. The mixture was then heated under reflux or stirred at 60°C for 30 minutes to promote the extraction of soluble compounds from the plant material (Ríos et al., 2006). After extraction, the mixture was filtered, and the water extract was concentrated using a rotary evaporator. The water extract was stored in airtight containers at 4°C until further use to prevent degradation or loss of bioactive compounds.

2.3. Insect Rearing, Extract Application, and Tissue Collection

Various concentrations of the extract (40 mg/mL, 30 mg/mL, 20 mg/mL, 10 mg/mL, 5 mg/mL, and 1 mg/mL) were applied to *Galleria mellonella* larvae. The larvae were sterilized with 70% alcohol before the extract was injected into their left hind legs using a microsyringe. Then, the larvae were placed on ice to cool, cut into small pieces, and transferred to Eppendorf tubes containing a homogenization buffer at pH 7.4 (Büyükgüzel & Kalender, 2009; Alvandial et al., 2016). The samples were then homogenized at 4°C and centrifuged for 15 minutes.

2.4. Assay Procedures

Superoxide Dismutase (SOD) Activity Assay: SOD activity was measured using the **NBT (nitroblue tetrazolium) reduction** method, which exploits the ability of SOD to scavenge superoxide radicals and prevent the reduction of NBT (Marklund and Marklund, 1974). The reaction mixture consisted of 50 mM sodium carbonate buffer (pH 10.2), 0.1 mM NBT, 0.2 mM EDTA, and the sample supernatant. The reaction was initiated by adding 0.1 mM hypoxanthine and 0.1 mM xanthine oxidase (final concentrations). The decrease in absorbance was measured at 560 nm after a 30-minute incubation at 25°C.
Catalase (CAT) Activity Assay: Catalase activity was determined by measuring the rate of H_2O_2 decomposition at 240 nm, based on the method by Aebi (1984). The reaction mixture

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

consisted of 50 mM phosphate buffer (pH 7.0), 10 mM H_2O_2, and sample supernatant. The decrease in absorbance at 240 nm was monitored for 1-2 minutes.

Glutathione Peroxidase (GPx) Activity Assay: GPx activity was measured using the method of Paglia and Valentine (1967), based on the reduction of **NADPH** coupled with the oxidation of **glutathione (GSH).** The reaction mixture consisted of 100 mM phosphate buffer (pH 7.4), 0.5 mM GSH, 0.2 mM NADPH, 1 U/mL glutathione reductase, and the sample supernatant. The reaction was initiated by adding 1 mM H_2O_2, and the decrease in NADPH absorbance at 340 nm was monitored for 5 minutes. GPx activity was calculated based on the decrease in NADPH and expressed in units per milligram of protein.

Malondialdehyde (MDA) Level Measurement: MDA levels were quantified using the **thiobarbituric acid reactive substances (TBARS)** assay, which detects the presence of MDA as a by-product of lipid peroxidation. This method is based on the reaction between MDA and **thiobarbituric acid (TBA)** to form a pink chromogen, which can be measured spectrophotometrically (Ohkawa et al., 1979). To 100 µL of the tissue homogenate supernatant, 500 µL of 20% trichloroacetic acid (TCA) was added to precipitate proteins. The mixture was centrifuged at 3,000 × g for 10 minutes. The supernatant was transferred to a new tube, and 500 µL of 0.67% TBA was added. The samples were heated at 95°C for 45 minutes, then cooled to room temperature, and the absorbance was measured at 532 nm.

Protein Quantification

Protein concentrations in the samples were determined using the **Bradford assay** (Bradford, 1976). Protein content was used to normalize enzyme activity and MDA levels.

2.5. Statistical Analysis

Data were expressed as the mean ± standard deviation (SD). Statistical differences between groups were determined using **one-way analysis of variance (ANOVA)** followed by **Tukey's post hoc test**. A **p-value < 0.05** was considered statistically significant.

3. RESULTS and CONCLUSION

The results of the statistical examination affirmed that high dose treatments had a repellent impact on the larvae of the greater wax moth, but at distinctive rates (Table 1 and Table 2). As seen in Figure 1, the mortality rate among larvae increases depending on the increase in the *Anthemis wallii* extract dose used. According to the results, it was determined that there was a statistically significant difference between the death rates (P>0.05).

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

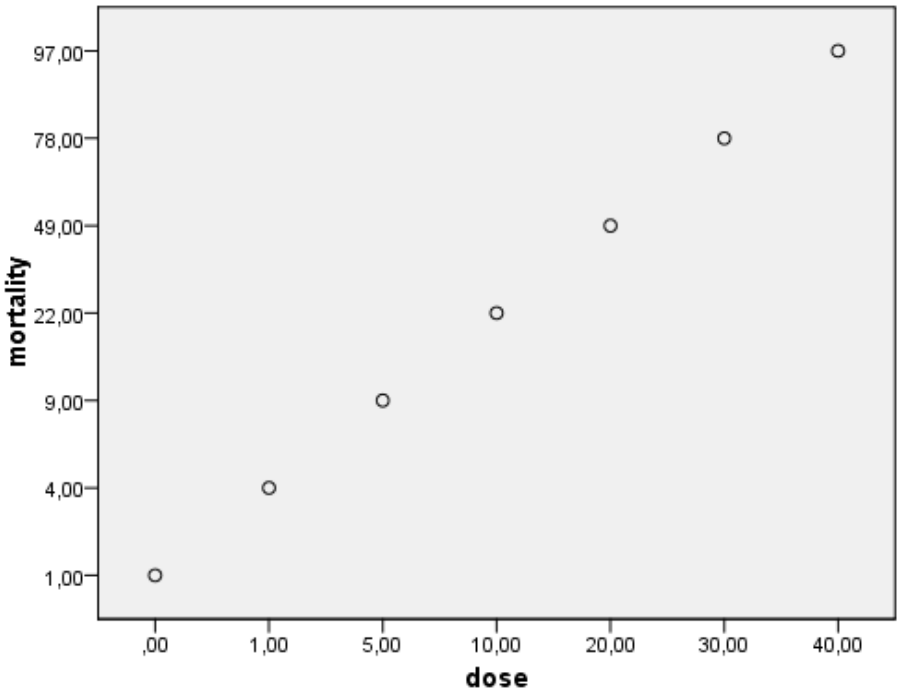


Figure 1. % mortality depending on the doses administered

In order to determine the effects of new insecticides used in chemical control on insects, it is necessary to know the biological activity parameters of insects such as life span, survival, egg production, as well as their biochemical and physiological mechanisms. In control studies against *G. mellonella*, methods such as chemical substances (paradichlorobenzene, ethylene dibromide, sulfur dioxide, acetic acid, calcium cyanide, methylbromide), physical applications (heating, cooling) and biological applications (*Bacillus thuringiensis* bacteria) are used in the world and in our country. The extract of the plant used in this study affected other biochemical mechanisms of the insect by changing the activities of some enzymes. The endocrine system in insects is a chemical regulator of environmental stimuli. Therefore, insects' response to external stressors is very similar to the response of vertebrates (Öztürk, 2021).

Table 1. LC_{50} and LC_{99} values

24 h	**n**	**LC_{50}**	**LC_{99}**	**df [b]**	**sig**	**Chi-Square**
Larvae	100	20,293	46,085	5	0,581[a]	3,785

a: Significance level greater than 0.150; b: Individual cases differ from statistics based on aggregate cases; n: Number of tested insects.

Antioxidant enzymes have mechanisms of action such as removing key reactive oxygen species such as superoxide, hydrogen peroxide or catalytic metal ions from the environment or converting them to weaker molecules, inhibiting the formation of chain reactions that cause free radical damage and repairing the damage caused by them. Depletion of antioxidants and/or induction of antioxidant enzymes, displacement of redox active metals, inhibition of electron

transport chains in mitochondria and interruption of DNA repair can cause oxidative stress (Peric-Mataruga et al., 2019). Antioxidants that fight against oxidation are endogenous (catalase, superoxide dismutase, glutathione peroxidase, etc.) and exogenous (ascorbic acid, vitamins A and E, folic acid, NADPH oxidase inhibitors, etc.) and are substances that protect the living being against the negative effects of drugs, xenobiotics, carcinogenic and toxic radicals, both directly and indirectly.

Table 2. Effect of plant extract on *Galleria mellonella* larvae on enzyme activities and MDA levels

	control	**1mg/ml**	**5 mg/ml**	**10mg/ml**	**20 mg/ml**	**30 mg/ml**	**40 mg/ml**
SOD (U/mgprt)	0,091± 0,0052^{a}	0,088± 0,004^{a}	0,072± 0,0027^{a}	0,058± 0,0025^{b}	0,042± 0,0021^{c}	0,031± 0,0017^{d}	0,021± 0,0014^{e}
CAT (mmol/mgprt)	101,5± 6,47^{a}	97,5± 6,02^{a}	96,3± 5,91^{a}	68,4± 4,58^{b}	56,1± 4,23^{c}	40,5± 4,73^{d}	32,3± 5,02^{e}
GPx (nmol/mgprt)	0,51± 0,042^{a}	0,54± 0,03^{a}	0,53± 0,049^{a}	0,48± 0,028^{a}	0,44± 0,037^{b}	0,32± 0,017^{c}	0,22± 0,021^{d}
MDA (nmol/mgprt)	0,24± 0,02^{a}	0,22± 0,025^{a}	0,26± 0,029^{a}	0,37± 0,024^{b}	0,44± 0,02^{c}	0,50± 0,019^{d}	0,57± 0,022^{e}

Significance at $P < 0.05$. There is no significant difference between means carrying the same letter. Values are mean ± standard deviation.

Endogenous antioxidants can be classified into two subgroups as enzymatic and non-enzymatic. Enzymatic antioxidants such as superoxide dismutase (SOD), glutathione peroxidase (GSH-Px), catalase (CAT) and non-enzymatic antioxidants such as melatonin, albumin, and uric acid eliminate the harmful effects of reactive oxygen species (Kale et al, 1999).

Dubovskiy et al. (2008) tested the concentrations of superoxide dismutase (SOD), glutathione-S-transferase (GST), catalase (CAT), oxidation-oxidation (RSSR/TP) thiols and MDA levels as a result of oxidative stress formation in the midgut of *G. mellonella* larvae. At the end of the first days, it was observed that the levels of MDA and SOD increased while the levels of CAT decreased.

The biochemical relationship of the enzymes was also confirmed in the findings obtained from feeding *G. mellonella* with plant extract. The percentage expanded gradually with increasing concentration. Percent mortality values, LC50, LC99 values, SOD, CAT, GPx enzyme activities and MDA level were examined for this study. Percent mortality and MDA levels increased, while enzyme activities decreased. Based on these results, it can be said that *Anthemis wallii* extract caused oxidative stress and death in *Galleria mellanolle* larvae. It is thought that the data obtained from this study will contribute to subsequent studies to investigate the effects of other pesticides used in chemical control on the metabolism of living organisms.

REFERENCES

Aebi, H. (1984). Catalase In Vitro. *Methods in Enzymology*, 105, 121-126. https://doi.org/10.1016/0076-6879(84)05016-3

Altuntaş, H., Kılıç, A. Y., & Türkmen, N. (2012). Effects of Temperature on Development and Reproduction of Greater Wax Moth (*Galleria mellonella*). *Journal of Insect Science*, 12(1), 1-12.

Alvandial A, Jawadi MH, Altıntaş ZN, Yıldız N, Karaman M (2016) Candida albicans'ın Salgısal Asit Proteinaz Etkinliğinin Araştırılmasında In Vivo Model Olarak Galleria mellonella Larvanın Kullanılması. J Turk Soc Microb 46(2):69–75

Bradford, M. M. (1976). A Rapid and Sensitive Method for the Quantitation of Microgram Quantities of Protein Utilizing the Principle of Protein-Dye Binding. *Analytical Biochemistry*, 72, 248-254. https://doi.org/10.1016/0003-2697(76)90527-3

Büyükgüzel E, Kalender Y (2009) Exposure to streptomycin alters oxidative and antioxidative response in larval midgut tissues of Galleria mellonella. Pestic Biochem Phys 94(2–3):112–118.

De Mieri, M., Monteleone, G., Ismajili, I., Kaiser, M., & Hamburger, M. (2017). Antiprotozoal activity-based profiling of a dichloromethane extract from Anthemis nobilis flowers. *Journal of natural products*, *80*(2), 459-470.

Dubovskiy, I. M., Martemyanov, V. V., Vorontsova, Y. L., Rantala, M. J., Gryzanova, E. V., & Glupov, V. V. (2008). Effect of bacterial infection on antioxidant activity and lipid peroxidation in the midgut of Galleria mellonella L. larvae (Lepidoptera, Pyralidae). *Comparative Biochemistry and Physiology Part C: Toxicology & Pharmacology*, *148*(1), 1-5.

Güler, B., Kesim, İ., & Uğurlu, E. (2013). Flora of Dervişli (Eşme, Uşak/Turkey) and its surroundings. *Biological Diversity and Conservation*, *6*(1), 169-177.

Güner, O. F. (Ed.). (2000). *Pharmacophore perception, development, and use in drug design* (Vol. 2). Internat'l University Line.

Isman, M. B. (2000). Plant essential oils for pest and disease management. *Crop protection*, *19*(8-10), 603-608.

Jindra, C., Dušek, J., & Van Der Steen, J. (2019). Rearing Conditions of *Galleria mellonella* for Reliable Data Collection: A Review. *Journal of Invertebrate Pathology*, 163, 40-48.

Kale, M., Rathore, N., John, S., & Bhatnagar, D. (1999). Lipid peroxidative damage on pyrethroid exposure and alterations in antioxidant status in rat erythrocytes: a possible involvement of reactive oxygen species. *Toxicology letters*, *105*(3), 197-205.

Lattanzio, V. (2013). Phenolic compounds: introduction 50. *Nat. Prod*, 1543-1580.

Marklund, S., & Marklund, G. (1974). Involvement of the Superoxide Anion in the Autooxidation of Pyrogallol and a Convenient Assay for Superoxide Dismutase. *European Journal of Biochemistry*, 47(3), 469–474. https://doi.org/10.1111/j.1432-1033.1974.tb03714.x

Murray, S. K. (2019). *Effects of used brood comb and propolis on honey bees (Apis mellifera L.) and their associated bacterium, Melissococcus plutonius* (Master's thesis, The Ohio State University).

Ohkawa, H., Ohishi, N., & Yagi, K. (1979). Assay for Lipid Peroxides in Animal Tissues by Thiobarbituric Acid Reaction. *Analytical Biochemistry*, 95(2), 351–358. https://doi.org/10.1016/0003-2697(79)90738-3

Oh HaeWoon, O. H., Lee ManYoung, L. M., & Chang YoungDuck, C. Y. (1995). Developing periods and damage patterns of combs by the greater wax moth, Galleria mellonella.

Öztürk, R. (2021). Ferula halophila ekstraktının *Galleria mellonella* L.(Lepidoptera: Pyralidae)'nın protein miktarı ve katalaz aktivitesi üzerine etkileri. *Selçuk Üniversitesi Fen Fakültesi Fen Dergisi*, *47*(1), 35-46.

Paglia, D. E., & Valentine, W. N. (1967). Studies on the Quantitative and Qualitative Characterization of Red Cell Glutathione Peroxidase. *Journal of Laboratory and Clinical Medicine*, 70(1), 158–169. PMID: 6068118

Perić-Mataruga, V., Ilijin, L., Mrdaković, M., Todorović, D., Prokić, M., Matić, D., & Vlahović, M. (2019). Parameters of oxidative stress, cholinesterase activity, Cd bioaccumulation in the brain and midgut of Lymantria dispar (Lepidoptera: Lymantriidae) caterpillars from unpolluted and polluted forests. *Chemosphere*, *218*, 416-424.

Ríos, J. L., Recio, M. C., & Villar, A. (2006). *Plant Extracts: Traditional Uses and Modern Pharmacological Approaches to the Evaluation of Their Medicinal Properties. Pharmacology Biochemistry and Behavior*, 75(3), 547-558. https://doi.org/10.1016/j.pbb.2003.09.001

Said-Al Ahl, H. A., Hikal, W. M., & Tkachenko, K. G. (2017). Essential oils with potential as insecticidal agents: A review. *Int. J. Environ. Plan. Manag*, *3*(4), 23-33.

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

MENOPOZUN ÖNCÜL VE ARDIL ETKİLERİ: PICOS YÖNTEMİ İLE LİTERATÜR İNCELEMESİ

Sema ÜSTGÖRÜL
Manisa Celal Bayar Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Fakültesi
sema84car@hotmail.com
ORCID:0000-0002-8163-726X

ÖZET

Menopoz, kadınların üremelerinin sonlandığı, östrojen ve progesteron hormonlarının seviyelerindeki azalmaların gerçekleştiği bir yaşam dönemidir. Bu süreçte kadınlar hem cinsel hem fiziksel hem de psikolojik değişikliklere yol açan karmaşık bir süreçtir. Bu çalışmanın amacı, perimenopozal dönemde ortaya çıkan öncül ve postmenopozal dönemde yaşanan ardıl etkileri son beş yılda (2020-2024) yapılan araştırmalarda incelemektir. Bu değişimlerin kadınların genel sağlık durumu üzerindeki sonuçlarını ve kadınların genel sağlığını nasıl etkilediğini değerlendirmek için ilgili PICOS metodolojisini kullanarak güncel literatür analiz edilmiştir. Literatürdeki bulgular, menopozun kadınların yaşam kalitesini etkileyen çok yönlü bir süreç olduğunu ve bu süreçteki etkilerin bireysel farklılıklar gösterdiğini ortaya koymaktadır. Ayrıca menopozun kadınların yaşam kalitesini çok yönlü olarak etkilediğini ve sıcak basması, ruh hali değişimleri ve uyku bozuklukları gibi semptomların bireyler arasında önemli farklılıklar olduğunu vurgulamaktadır. Menopozun kadın sağlığı üzerindeki uzun vadeli sonuçlarını daha iyi anlamak için bireyselleştirilmiş müdahalelere ve daha fazla araştırmaya duyulan ihtiyacı vurgulamaktadır.

Anahtar Kelimeler: Menopoz, Perimenopoz, Postmenopoz, Sıcak Basmaları, Osteoporoz, Cinsel Sağlık, Hormon Tedavisi

1. GİRİŞ

Menopoz, kadınların üreme yeteneklerinin sonlandığı, östrojen ve progesteron hormonlarının seviyelerinin azaldığı bir dönemi ifade eder (Ilankoon ve ark., 2021; Rafiei ve ark., 2024). Bu süreç, kadınların hem fiziksel hem de psikolojik sağlıklarını etkileyen karmaşık değişimlere yol açar (Santoro ve ark., 2021). Menopoz öncesi dönem (perimenopoz) genellikle hormonal dalgalanmaların yaşandığı ve kadınların adet döngülerinin düzensizleştiği bir süreçtir. Menopozun temel süreci doğrudan yumurtalık yaşlanmasıyla ilişkili olsa da, hipotalamik-hipofiz-yumurtalık-uterus ekseninin tüm yönleri zamanla değişir. Kronolojik ve yumurtalık yaşlanması, sürecin hızını ve süresini etkileyen iç içe geçmiş, eşzamanlı iki süreçtir. Son yıllarda, menopozal geçişle ilgili dünya çapında yapılan birçok çalışma, bize bu sürece eşlik eden üreme ve hormonal olayların bir kronolojisinin olduğunu belirtmektedir (Santoro ve ark., 2021; Refaei, ve ark. 2022). Adet döngüsünün bitmesiyle tanımlanan menopoz dönemi literatürde farklı yaş aralığı ifadesi edilse de genellikle 45-49 yaşları arasında başlar (Sherman, 2005). Menopoz öncesi (perimenopoz) ve sonrası (postmenopoz) süreç, östrojen ve progesteron hormonlarının azalması ile fiziksel ve psikolojik değişiklikler yaşanır (Wang ve ark. 2024;

Habeeb, 2023; Hulteen ve ark., 2023; Fitria ve ark., 2023). Bu değişiklikler, kadınların yaşam kalitelerini, genel sağlık durumlarını ve psikolojik iyilik hallerini etkileyebilir.

Bu çalışmanın amacı, 2010-2024 yılları arasında yapılan araştırmalar çerçevesinde menopozun perimenopoz ve postmenopoz dönemdeki etkilerini sistematik bir şekilde tanımlamak ve menopozla ilgili farklı faktörlerin bilimsel literatür çerçevesinde kapsamlı bir şekilde değerlendirilmesini sağlayan PICOS (Population, Intervention, Comparison, Outcome, Study design) metodolojisi kullanarak incelemektir.

2. YÖNTEM

2.1. Metodoloji

Bu çalışma, menopozun öncül ve ardıl etkilerini değerlendiren, 2020-2024 yılları arasında Web of Science (WoS) veritabanında yayımlanan 78 bilimsel yayını inceleyen bir literatür taramasını içermektedir. Çalışma, PICOS (Population, Intervention, Comparison, Outcome, Study Design) yöntemine dayalı olarak yapılmış ve son 5 yıl içinde en çok atıf alan ilk 10 çalışmaya odaklanmıştır. Menopozla ilgili sağlık sorunlarını ve bu sorunların yönetimi için farklı tedavi yaklaşımlarını değerlendirmek amacıyla yapılan bu inceleme, menopoz sürecinin psikolojik, fiziksel ve biyolojik etkilerinin anlaşılmasına katkı sağlamayı hedeflemektedir.

2.2. Çalışma Tasarımı

Bu literatür incelemesi, menopoz sürecinin çeşitli yönlerini anlamak amacıyla farklı çalışma tasarımlarından yararlanmayı amaçlamaktadır. Bu bağlamda, aşağıdaki türdeki çalışmalar dahil edilmiştir:

- **Randomize Kontrollü Çalışmalar (RCT'ler):** Menopozal semptomların, tedavi yöntemlerinin ve hormon tedavisinin etkinliğini değerlendiren kontrol gruplu çalışmalardır.
- **Kohort Çalışmaları:** Menopoz sürecinde kadınların farklı sağlık durumlarıyla nasıl ilişkilendirildiğini araştıran uzun dönemli çalışmalardır.
- **Gözlemsel Araştırmalar:** Menopozal dönemdeki kadınlarda ortaya çıkan semptomlar, yaşam kalitesi ve kardiyometabolik etkiler gibi faktörleri gözlemleyerek veri toplayan araştırmalardır.
- **Meta-Analizler ve Sistematik İncelemeler:** Mevcut literatürdeki verilerin birleştirilerek daha geniş bir sonuç elde edilmesini sağlayan araştırmalardır.

2.3. Literatür Tarama ve Veri Toplama

Veri toplama süreci, güvenilir ve kapsamlı bir veri tabanından yapılmıştır. Bu süreçte, aşağıdaki adımlar takip edilmiştir:

- **Veri Tabanları:** Literatür taraması için *Web of Science* veri tabanı kullanılmıştır. Web of Science, biyomedikal bilimler alanında güçlü bir kaynaktır ve yüksek atıf alan çalışmaların yer aldığı bir platformdur.

- **Yıl Aralığı:** Literatür taraması, 2020 ile 2024 yılları arasında yayımlanan çalışmalarla sınırlandırılmıştır. Bu yıl aralığı, menopoz araştırmalarındaki en güncel verilerin ele alınmasını sağlamaktadır.

- **Anahtar Kelimeler:** Araştırmanın kapsamını belirlemek ve ilgili literatürü bulmak amacıyla "menopause, perimenopause, postmenopause" anahtar kelimeler kullanılmıştır. Bu anahtar kelimeler, menopoz sürecindeki fiziksel ve psikolojik etkiler, tedavi yöntemleri ve yaşam kalitesi üzerine yapılan çalışmaları kapsayacak şekilde seçilmiştir.

2.4.Dahil Etme Kriterleri:

1. Çalışmalar, menopoz, perimenopoz ve postmenopozal dönemdeki kadınları hedef almalıdır.
2. Çalışmalar, sıcak basmaları, uyku bozuklukları, depresyon, anksiyete, hormon tedavisi ve fitoöstrojenler gibi menopozla ilişkili semptomları veya tedavi yöntemlerini incelemelidir.
3. Yalnızca son 5 yılda (2020-2024) yayımlanan, yüksek atıf alan çalışmalar dikkate alınmıştır.
4. Randomize kontrollü çalışmalar (RCT), kohort çalışmaları, gözlemsel araştırmalar, meta-analizler ve sistematik incelemeler dahil edilmiştir.
5. Çalışmalar, İngilizce dilinde yayımlanmış olmalıdır.

2.5. Dışlama Kriterleri:

1. Menopoz dışında kalan popülasyonları (örneğin, erkekler, pediatrik örneklemler) ele alan çalışmalar dışlanmıştır.
2. Hayvan örneklemleri içeren çalışmalar (sıçanlar, fareler) dışlanmıştır.
3. Yalnızca özet ya da derlemelerden oluşan ve birincil araştırma içermeyen çalışmalar dışlanmıştır.
4. Menopoz ile doğrudan ilişkili olmayan çalışmalara yer verilmemiştir.
5. Yalnızca araştırma özetleri veya eksik veri sunan çalışmalar dışlanmıştır.

2.6. Veri Analizi ve Yorumlama

Bu çalışmanın amacı, menopozun öncül ve ardıl etkileri hakkında geniş bir perspektif sunmaktır. Tarama süreci, PICOS metodolojisine dayalı olarak, çalışmalardan elde edilen verilerin birleştirilmesi ve analiz edilmesini içermektedir. Meta-analizler, bireysel çalışmaların sonuçlarını sentezleyerek daha genel geçer sonuçlara ulaşmayı sağlayacak şekilde kullanılacaktır. Ayrıca, çalışmaların metodolojik kalitesinin değerlendirilmesi, bulguların güvenilirliğini artıracaktır.

I. Popülasyon (Population)

Bu analizde incelenen çalışmalarda yer alan popülasyon, genellikle perimenopozal ve postmenopozal kadınlardan oluşmaktadır. Çalışmalarda yer alan kadınlar 40-60 yaş aralığında olup, perimenopozal ya da postmenopozal süreçte yer almışlardır. Örneklem büyüklükleri değişiklik göstermekte olup, örneklem sayısı 16 kişiden 1.947 kişiye kadar geniş bir yelpazeye yayılmaktadır. Çalışmaların çoğunda, hormon tedavisi, fitoöstrojenler, probiyotikler gibi müdahaleler uygulanmıştır.

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

II. Müdahale (Intervention)

Çalışmalarda menopoz sürecinin etkilerinin azaltılması amacıyla çeşitli müdahale yöntemleri değerlendirilmiştir. Bu müdahaleler arasında fitoöstrojenler (örneğin, soya izoflavonları), probiyotik takviyeleri, hormon tedavileri ve diyet değişiklikleri yer almaktadır. Örnek olarak Szydlowska ve ark. (2021) probiyotik takviyelerinin hormon seviyeleri ve vücut kitle indeksi üzerindeki etkilerini incelemişken, Li ve ark. (2021) fitoöstrojenlerin perimenopozal ve postmenopozal depresyon üzerindeki etkinliğini araştırmışlardır.

III. Karşılaştırma (Comparison)

Çalışmaların çoğunda karşılaştırmalı gruplar arasında, tedavi alan grup ile plasebo grubu arasında bir kıyaslama yapılmıştır. Örneğin Szydlowska ve ark. (2021) probiyotik takviyesi alan grup ile plasebo grubunu karşılaştırmış, aynı şekilde Li ve ark. (2021) fitoöstrojen tedavisi gören ve plasebo alan kadınları karşılaştırmıştır. Ayrıca, bazı çalışmalarda farklı tedavi yöntemleri (örneğin, hormon tedavisi ile fitoöstrojen tedavisi) arasında karşılaştırmalar yapılmıştır.

VI. Sonuç (Outcome)

Çalışmaların sonuçları menopozun öncül ve ardıl etkilerinin yönetimiyle ilgili farklı bulgular sunmuştur. FSH (folikül uyarıcı hormon), estradiol, kortizol gibi hormon seviyelerindeki değişiklikler, menopoz sürecinin önemli biyolojik göstergeleridir. Örneğin, Szydlowska ve ark. (2021) probiyotik takviyesinin FSH seviyelerini artırdığını, vücut kitle indeksini düşürdüğünü belirtmişlerdir. Benzer şekilde, Li ve ark. (2021) fitoöstrojenlerin depresyonu azaltmaya yardımcı olduğunu ve kadınların ruh halini iyileştirdiğini bulmuşlardır. Bunun yanı sıra, menopozun fiziksel etkilerini (örneğin, sıcak basmaları, kemik mineral yoğunluğu) hedefleyen müdahalelerde de olumlu sonuçlar elde edilmiştir.

V. Araştırma Tasarımı (Study Design)

Bu çalışma literatür taraması yöntemiyle yapılmıştır ve PICOS metodolojisine dayalı olarak sistematik bir inceleme gerçekleştirilmiştir. İncelenen çalışmalar, randomize kontrollü çalışmalar, kohort çalışmaları ve sistematik derlemeler gibi farklı araştırma tasarımlarını içermektedir. Yalnızca tam metin erişimi sağlanan ve yüksek kaliteli, hakemli dergilerde yayımlanan çalışmalar analiz edilmiştir. Çalışmaların çoğu, hormon tedavileri, fitoöstrojenler, probiyotikler gibi çeşitli tedavi yaklaşımlarının etkinliğini değerlendiren müdahaleli çalışmalardır. Ayrıca, sonuçların doğruluğunu artırmak adına meta-analizler de sıklıkla yer almaktadır.

3. BULGULAR

Tablo 1'de her bir çalışmanın yazarlarını, yayın yılını, başlığını, örneklem bilgisini, anahtar kelimeleri, WoS kategorisini ve sonuçları bulunmaktadır.

Tablo 1. İncelemeye alınan çalışmalar

	Yazarlar	Yayın Yılı	Başlık	Örneklem	Anahtar Kelimeler	WoS Kategorisi	Sonuç
1	Kanadys, W; Baranska, A; Jedrych, M; Religioni, U; Janiszewska, M	2020	Effects of red clover (Trifolium pratense) isoflavones on the lipid profile of perimenopausal and postmenopausal women-A systematic review and meta-analysis	910 perimenopozal ve postmenopozal kadın	Trifolium pratense; Kızıl yonca; Isoflavonlar; Lipidler; Menopoz; Meta-analiz	Geriatrics & Gerontology; Obstetrics & Gynecology	İsoflavonlarının, perimenopozal ve postmenopozal kadınların lipid profili üzerinde olumlu etkiler yarattığı bulunmuştur.
2	Garcia-Alfaro, P; Garcia, S; Rodriguez, I; Vergés, C	2020	Dry eye disease symptoms and quality of life in perimenopausal and postmenopausal women	1947 perimenopozal ve postmenopozal kadın (45-79 yaş)	Kuru göz hastalığı; Yaşam kalitesi; Ocular Surface Disease Index; Perimenopoz; Postmenopoz	Obstetrics & Gynecology	Kuru göz hastalığının perimenopozal ve postmenopozal kadınlarda daha yaygın olduğu ve yaşam kalitesini olumsuz etkilediği bulunmuştur.
3	van Breemen, RB; Chen, LY; Tonsing-Carter, A; Banuvar, S; Barengolts, E; Viana, M; Chen, SN; Pauli, G; Bolton, JB	2020	Pharmacokinetic Interactions of a Hop Dietary Supplement with Drug Metabolism in Perimenopausal and Postmenopausal Women	16 perimenopozal ve postmenopozal kadın	Şerbetçi otu; Klinik deney; Farmakokinetik; İlaç etkileşimleri; Bitkisel besin takviyeleri	Agriculture, Multidisciplinary; Chemistry, Applied; Food Science & Technology	Şerbetçi otu takviyelerinin, perimenopozal ve postmenopozal kadınlardaki ilaç metabolizması ile etkileşime girdiği ve farmakokinetik özellikleri etkilediği bulunmuştur.
4	Koczkodaj, P; Sulkowska, U; Gotlib, J; Manczuk, M	2020	Breast cancer mortality trends in Europe among women in perimenopausal and postmenopausal age (45+)	28 AB ülkesi ve 3 AB dışı ülke (Norveç, İsviçre, Rusya)	Meme kanseri; Tarama; Avrupa Birliği; Mortalite; Mammografi; Avrupa	Medicine, General & Internal	Avrupa'da perimenopozal ve postmenopozal kadınlarda meme kanseri mortalitesinin, tarama ve erken teşhis ile önemli

							ölçüde azaldığı bulunmuştur.
5	Nwaru, BI; Shah, SA; Tibble, H; Pillinger, R; McLean, S; Ryan, D; Critchley, H; Hawrylowicz, CM; Simpson, CR; Soyiri, IN; Appiagyei, F; Price, D; Sheikh, A	2021	Hormone Replacement Therapy and Risk of Severe Asthma Exacerbation in Perimenopausal and Postmenopausal Women: 17-Year National Cohort Study	31,656 perimenopozal ve postmenopozal kadın (46-70 yaş)	Astım alevlenmesi; Kombine hormon tedavisi; Estrojen yalnız tedavisi; Hormon replasman tedavisi	Allergy; Immunology	Hormon replasman tedavisinin, perimenopozal ve postmenopozal kadınlarda astım alevlenmesi riskini artırabileceği bulunmuştur.
6	Li, JY; Li, HJ; Yan, PJ; Guo, LP; Li, JW; Han, JN; Qiu, J; Yang, KH	2021	Efficacy and safety of phytoestrogens in the treatment of perimenopausal and postmenopausal depressive disorders: A systematic review and meta-analysis	1248 menopozal kadın (toplamda 10 çalışma)	Fitöestrojenler; Menopoz semptomları; Soya izoflavonları; Depresyon; Genistein; Ruh hali	Medicine, General & Internal; Pharmacology & Pharmacy	Fitöestrojenlerin, perimenopozal ve postmenopozal depresyon tedavisinde etkili olduğu ve güvenli bir seçenek sunduğu bulunmuştur.
7	Zhou, Q; Wang, BS; Hua, Q; Jin, Q; Xie, J; Ma, J; Jin, FR	2021	Investigation of the relationship between hot flashes, sweating and sleep quality in perimenopausal and postmenopausal women: the mediating effect of anxiety and depression	467 perimenopozal ve postmenopozal kadın (yaş aralığı 40-60)	Menopoz; Sıcak basmaları; Uyku kalitesi; Anksiyete; Depresyon	Public, Environmental & Occupational Health; Obstetrics & Gynecology	Sıcak basmalarının ve terlemenin, uyku kalitesini olumsuz etkileyen anksiyete ve depresyon gibi psikolojik faktörlerle ilişkili olduğu bulunmuştur.
8	Yadav, V; Jain, A; Dabar, D; Goel, AD; Sood, A; Joshi, A; Agarwal, SS; Nandeshwar, S	2021	A meta-analysis on the prevalence of depression in perimenopausal and postmenopausal women in India	10 çalışma, 1380 kadın	Prevalans; Hindistan; Meta-analiz; Depresyon; Menopoz; Kadınlar; Klimakterik	Psychiatry	Hindistan'daki perimenopozal ve postmenopozal kadınlarda depresyon prevalansının %42.47 olduğu bulunmuştur.

9	Szydlowska, I; Marciniak, A.; Brodowska, A.; Loj, B.; Ciecwiez, S.; Skonieczna-Zydecka, K.; Palmas, J.; Loniewski, I; Stachowska, E.	2021	Effects of probiotics supplementation on the hormone and body mass index in perimenopausal and postmenopausal women using the standardized diet. A 5-week double-blind, placebo-controlled, and randomized clinical study	48 perimenopozal ve postmenopozal kadın	Probiotik tedavi; Hormonal homeostaz; Vücut kitle indeksi	Pharmacology & Pharmacy	Probiotiklerin, perimenopozal kadınların FSH (folikül uyarıcı hormon) seviyelerinde anlamlı bir artışa neden olduğu ve vücut kitle indeksinde azalma sağladığı bulunmuştur.
10	Abe, S.; Kashii, M.; Shimada, T.; Suzuki, K.; Nishimoto, S.; Nakagawa, R.; Horiki, M.; Yasui, Y.; Namba, J.; Kuriyama, K.	2022	Relationship between distal radius fracture severity and 25-hydroxyvitamin-D level among perimenopausal and postmenopausal women	122 perimenopozal ve postmenopozal kadın	Distal radius fracture; 25-hydroxyvitamin-D; Vitamin D; Fracture severity; Osteoporosis	Orthopedics	Articular comminuted distal radius kırığı, AO C3 kırığı olarak adlandırılan, düşük serum 25-hidroksivitamin D seviyeleriyle anlamlı şekilde ilişkilidir. Vitamin D takviyesi, bu tür kırıkların önlenmesinde etkili olabilir.

Szydlowska ve ark., (2021) tarafından yapılan çalışmada, probiyotiklerin perimenopozal ve postmenopozal kadınlarda FSH seviyelerinde anlamlı bir artışa yol açtığı ve vücut kitle indeksinde azalma sağladığı bulunmuştur. Bu sonuçlar, probiyotiklerin hormonal dengeyi düzenlemeye ve kilo yönetimini desteklemeye yardımcı olabileceğini göstermektedir.

Abe ve ark., (2022) ise, distal radius kırıkları ile 25-hidroksivitamin D seviyesi arasındaki ilişkiyi incelemiş ve düşük vitamin D seviyelerinin daha şiddetli kırıklara yol açtığını ortaya koymuştur. Bu çalışma, menopoz sonrası kadınlarda kemik sağlığını korumak için vitamin D takviyesinin önemini vurgulamaktadır.

Yadav ve ark., (2021), Hindistan'daki perimenopozal ve postmenopozal kadınlar arasında depresyon prevalansını %42.47 olarak tespit etmiştir. Bu bulgu, menopoz döneminde kadınların ruh sağlığına yönelik daha fazla araştırma ve müdahale gerekliliğini ortaya koymaktadır.

García-Alfaro ve ark., (2020) çalışmasında, kuru göz hastalığı semptomları ile yaşam kalitesi arasındaki ilişkiyi incelemiş ve perimenopozal ve postmenopozal kadınlarda göz sağlığının

menopoz sürecine bağlı olarak kötüleştiğini bulmuştur. Bu bulgular, menopozun göz sağlığı üzerindeki etkilerini göz önünde bulundurarak daha fazla farkındalık yaratılmasını gerektirmektedir.

Li ve ark., (2021) ise fitoöstrojenlerin depresyon tedavisindeki rolünü araştırmış ve bu tedavi yönteminin menopozal kadınlarda depresyon semptomlarını azaltmada etkili olduğunu belirtmiştir. Bu bulgu, doğal tedavi yöntemlerine olan ilgiyi artırmaktadır.

Zhou ve ark., (2021) çalışmasında, sıcak basmalarının uyku kalitesi üzerinde etkili olduğunu ve bu etkinin anksiyete ve depresyon ile ilişkili olduğunu ortaya koymuştur. Bu çalışma, menopozdaki uyku problemlerine yönelik psikolojik müdahalelerin önemini vurgulamaktadır.

Kanadys ve ark., (2020) çalışmasında, kırmızı clover (Trifolium pratense) izoflavonlarının lipid profili üzerinde olumlu etkiler sağladığını göstermiştir. Bu bulgular, menopozda kardiyovasküler sağlığı iyileştirmeye yönelik bitkisel tedavilerin önemini artırmaktadır.

Zhou ve ark., (2021) bir başka çalışmasında ise, sıcak basmaları ve terleme ile uyku kalitesi arasındaki ilişkiyi inceleyerek, depresyon ve anksiyetenin bu ilişkiyi aracıladığını bulmuştur. Menopozdaki psikolojik ve fiziksel belirtilerin birbiriyle etkileşimi, tedavi yaklaşımlarında bütüncül bir yaklaşım gerekliliğini ortaya koymaktadır.

Garcia-Alfaro ve ark., (2020) kuru göz hastalığı semptomlarının yaşam kalitesi üzerindeki etkisini incelemiş ve menopozal dönemde göz sağlığı sorunlarının artış gösterdiğini belirtmiştir. Bu bulgular, menopozda göz sağlığına yönelik tıbbi yaklaşımların önemini ortaya koymaktadır.

Son olarak, Nwaru ve ark., (2021) hormon replasman tedavisinin astım atakları üzerindeki etkilerini incelemiş ve hormon tedavisinin astımın şiddetini artırabileceğini belirtmiştir. Bu sonuç, menopozdaki kadınlarda astım yönetimi için dikkatli bir yaklaşım gerektiğini ortaya koymaktadır.

İncelenen çalışmalar, menopozun çeşitli yönlerini ele alarak, özellikle kadın sağlığı üzerindeki fiziksel, psikolojik ve biyolojik etkilerini gözler önüne sermektedir. Menopoz, kadınların yaşamlarında önemli bir dönüm noktası olup, birçok fiziksel ve psikolojik semptomla birlikte gelir. Bu semptomlar, kadınların yaşam kalitesini önemli ölçüde etkileyebilir.

Fiziksel açıdan, menopoz, sıcak basmaları, uyku bozuklukları, kuru göz hastalıkları ve kemik yoğunluğu kaybı gibi çeşitli sorunları tetikleyebilir. Çalışmalar, özellikle probiyotik tedavisi ve vitamin D gibi takviyelerin bu semptomları hafifletmede önemli bir rol oynadığını göstermektedir. Örneğin, Szydlowska ve ark., (2021) probiyotiklerin FSH seviyelerini artırdığı ve vücut kitle indeksini düşürdüğünü bulmuş, Abe ve ark., (2022) ise düşük vitamin D seviyelerinin daha şiddetli kemik kırıklarına yol açtığını ortaya koymuştur.

Psikolojik açıdan, depresyon ve anksiyete menopoz döneminde kadınların sıklıkla karşılaştığı sorunlardır. Yadav ve ark., (2021), Hindistan'daki menopozal kadınlar arasında depresyon prevalansının yüksek olduğunu tespit etmiş ve menopoz dönemiyle ilişkili ruhsal sağlık sorunlarının önemini vurgulamıştır. Ayrıca, Zhou ve ark., (2021) sıcak basmaları, uyku bozuklukları ve depresyon arasındaki ilişkiyi inceleyerek, menopoz semptomlarının psikolojik faktörlerle iç içe geçtiğini ortaya koymuştur.

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

Biyolojik açıdan ise, hormon seviyelerindeki değişiklikler, kadınların genel sağlık durumunu etkileyebilir. Kanadys ve ark., (2020), kırmızı yonca izoflavonlarının lipid profili üzerinde olumlu etkiler sağladığını bulmuş, menopozdaki kardiyovasküler sağlıkla ilgili tedavi yöntemlerinin önemini bir kez daha ortaya koymuştur. Ayrıca, Li ve ark., (2021) fitoöstrojenlerin depresyon tedavisindeki etkilerini inceleyerek, menopozal kadınların hormonal dengesini düzenlemeye yönelik doğal tedavi seçeneklerine olan ilgiyi artırmıştır.

Sonuç olarak, menopoz döneminde kadın sağlığına yönelik yapılan bu çalışmalar, hormonal, fiziksel ve psikolojik etkilerin birbirini etkileyen karmaşık bir etkileşimde olduğunu ve çeşitli tedavi yöntemlerinin bu etkileşimleri hafifletmeye yardımcı olabileceğini göstermektedir. Bu alanda daha fazla araştırmaya ve klinik müdahaleye ihtiyaç olduğu açıktır.

3.1. Menopoz Öncesi (Perimenopozal) Etkiler

Menopoz öncesi dönem, östrojen ve progesteron seviyelerindeki dalgalanmaların başladığı ve genellikle düzensiz adet döngüleriyle tanımlanan bir süreçtir. Perimenopoz döneminde kadınlar sıklıkla sıcak basmaları, uyku problemleri, vajinal kuruluk, cinsel istek kaybı ve ruh hali değişiklikleri gibi belirtiler yaşarlar (Demirtaş ve ark., 2022). Bu dönemde, sıcak basmaları en yaygın ve rahatsız edici semptomlar arasında yer almaktadır (Freeman, 2010). Ayrıca, hormon değişiklikleri nedeniyle bazı kadınlar depresyon, anksiyete ve irritabilite gibi psikolojik belirtiler de yaşayabilirler (Dennerstein ve ark., 2003).

3.2. Menopoz Sonrası (Postmenopozal) Etkiler

Menopoz sonrasındaki dönemde, östrojen seviyelerinin kalıcı olarak düşmesiyle birlikte, kemik sağlığı önemli ölçüde etkilenebilir. Osteoporoz riski, menopoz sonrası dönemde artış gösterir. Bu durum kemik yoğunluğunda azalma ve kırık riskiyle ilişkilidir (Rojas ve ark., 2023). Ayrıca, menopoz sonrası kardiyovasküler hastalıklar, özellikle kalp hastalıkları, kadınlar için artan bir risk faktörü haline gelir. Hormonların kalp sağlığı üzerindeki koruyucu etkilerinin kaybolması, postmenopozal dönemde kadınların bu hastalıklara daha yatkın olmalarına neden olabilir (Mehta ve Manson, 2024).

Menopoz sonrası cinsel sağlık da önemli bir sorun olabilir. Vajinal kuruluk, cinsel ilişki sırasında ağrıya yol açarak cinsel isteksizlikle sonuçlanabilir. Ayrıca, libido kaybı da sık karşılaşılan bir durumdur (Iacuaniello, 2024). Bununla birlikte, menopoz sonrası hormon tedavisi (HRT), bu semptomları hafifletmek ve kadınların yaşam kalitesini iyileştirmek için kullanılabilir. Ancak, Norveçte 1.3 milyon kadın üzerine yapılan bir araştırmaya göre hormon tedavisinin potansiyel riskleri, özellikle meme kanseri riskiyle ilişkilidir (Støer ve ark., 2024).

3.3. Menopoz Yönetim ve Tedavi Yöntemleri

Menopozun etkilerini yönetmek için literatürde birçok stratejik yöntem bulunmaktadır. Hormon tedavisi (HRT), sıcak basmalarını, vajinal kuruluğu ve cinsel istek kaybını azaltabilir. Ancak, HRT'nin uzun süreli kullanımı, bazı kadınlarda meme kanseri ve kardiyovasküler hastalık risklerini artırabilir (McNeil, 2017). Diğer bir yönetim stratejisi ise egzersiz, sağlıklı beslenme ve yaşam tarzı değişikliklerini içeren yaklaşımlardır. Düzenli egzersiz, kemik sağlığını korumada, kilo kontrolünde ve kardiyovasküler sağlığın iyileştirilmesinde önemli bir rol oynar (Dubnov ve ark., 2023).

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

HRT, menopozal vazomotor semptomların (VMS) ve menopozun genitoüriner sendromunun yönetimi için mevcut en etkili tedavi seçeneği olmaya devam etmektedir (NAMS, 2017). Her iki durum da postmenopozal kadınlarda oldukça yaygın olup sırasıyla %80 ve %50 oranında görülmekte ve yaşam kalitesini olumsuz yönde etkilemektedir. HT, ABD Gıda ve İlaç Dairesi (FDA) tarafından bu iki endikasyonun yanı sıra kemik kaybının önlenmesi ve prematüre hipoöstrojenizmin tedavisi için de onaylanmıştır. Yaşlanan kadınlarda (ortalama 50 yaş) yapılan RKÇ'lerin bir metanalizinde, hem oral östrojenler (CEE- conjugated equine estrogens) veya transdermal östradiol (E2) (progestin eklenerek veya eklenmeden) sıcak basmalarını iyileştirmede etkili olmuş ve semptomları %70 ila %95 oranında azaltmıştır (Nelson, 2004).

Yapılan sistematik bir incelemede, vajinal östrojen ürünlerinin genitoüriner semptomlar için en etkili tedavi şekli olduğu ve vajinal kayganlaştırıcılara ve nemlendiricilere göre daha üstün olduğu bulunmuştur (Biehl ve ark., 2019).

Menopoz sonrası kadınlarda kardiyovasküler hastalık (KVH) riski artmaktadır ve yumurtalık östrojen kaybının bu riske katkıda bulunduğu varsayılmaktadır. Yapılan çalışmalarda, HT kullanan menopoz sonrası kadınlarda, HT kullanmayanlara kıyasla KKH riskinin azaldığı gösterilmiştir (Rossouw, 2006).

HRT kullanan kadınlarda kırık riskini değerlendiren RKÇ'lerin bir metanalizinde kalça, vertebra ve total kırık riskinde %20 ila %37 azalma görülmüştür. HT'nin kesilmesini takiben korumada bir miktar zayıflama görülmüş, ayrıca 60 yaşından önce HT kullananlarda kırık riskinde daha belirgin bir azalma olmuştur (Zhu ve ark., 2016).

4. TARTIŞMA

Menopoz, kadınların yaşamında önemli bir dönüm noktasıdır ve bu süreç hem fiziksel hem de psikolojik değişikliklere yol açmaktadır. Perimenopoz ve postmenopoz dönemlerinde yaşanan etkiler, hormonal değişikliklerin vücutta farklı alanlarda neden olduğu değişikliklerin bir yansımasıdır. Osteoporoz ve kardiyovasküler hastalıklar gibi uzun vadeli sağlık riskleri, menopozun ardıl etkilerinin başında gelirken, sıcak basmaları, vajinal kuruluk ve cinsel işlev bozuklukları daha kısa vadeli semptomlar olarak görülmektedir.

Hormon tedavisi ve yaşam tarzı değişiklikleri gibi tedavi yaklaşımları, menopozun etkilerini hafifletmek için sıklıkla kullanılmakta, ancak her kadının ihtiyaçları farklıdır. Bu nedenle, menopoz yönetimi kişiselleştirilmiş bir yaklaşım gerektirir.

5. SONUÇ

Menopoz, her kadının hayatında farklı bir şekilde deneyimlediği, çok boyutlu bir süreçtir. Perimenopozal ve postmenopozal dönemlerdeki değişiklikler, kadınların fiziksel sağlığı, ruh hali ve yaşam kalitesi üzerinde belirleyici etkiler yaratmaktadır. Menopozun yönetimi, semptomların hafifletilmesi ve uzun vadeli sağlık risklerinin azaltılması amacıyla hormon tedavisi ve yaşam tarzı değişikliklerini içeren bir yaklaşım gerektirir. Gelecekteki araştırmalar, menopozun etkilerine yönelik daha etkili tedavi yöntemlerini ve yönetim stratejilerini ortaya koymayı hedeflemelidir.

Son yıllarda yapılan araştırmalar, menopozun kadın sağlığı üzerindeki çok yönlü etkilerini ve bu sürecin kadınlar arasında farklılıklar gösteren deneyimlerini ortaya koymaktadır. Menopoz,

kadınların fiziksel, cinsel ve psikolojik sağlıklarını etkileyen karmaşık bir süreçtir ve her kadının deneyimi farklıdır. Hormon tedavisi, menopoz semptomlarını hafifletmede yaygın olarak kullanılsa da, bireyselleştirilmiş yaklaşımların önem kazandığı anlaşılmaktadır. Araştırmaların, menopozun çok boyutlu etkilerini anlamak ve kadınların yaşam kalitesini iyileştirecek müdahaleler geliştirmek için devam etmesi gerekmektedir.

5.1.Sınırlılıklar

Mevcut literatürdeki araştırmalar, bazı önemli sınırlamaları içermektedir. Öncelikle, menopozun uzun vadeli sağlık sonuçlarını inceleyen daha kapsamlı ve uzun süreli çalışmalara ihtiyaç vardır. Çoğu çalışma, kısa vadeli semptomlar veya müdahalelere odaklanmakta olup, menopozun tüm sağlık üzerindeki uzun vadeli etkilerini tam olarak yansıtmamaktadır. Ayrıca, menopoz ile ilgili yapılan çoğu araştırma, yüksek gelirli ülkelerde gerçekleştirilmiş olup, bu durum bulguların düşük ve orta gelirli ülkelerdeki kadınlara genellenmesini zorlaştırmaktadır. Menopozla ilgili araştırmalar genellikle homojen gruplarla yapılmış ve etnik çeşitlilik gibi faktörler göz ardı edilmiştir.

5.2. Öneriler

Gelecek araştırmalar, menopozun uzun vadeli sağlık sonuçlarını anlamaya yönelik longitudinal çalışmalara odaklanmalıdır. Özellikle kemik sağlığı, kardiyovasküler hastalıklar ve bilişsel fonksiyonlar gibi konularda daha fazla bilgiye ihtiyaç vardır. Ayrıca, non-hormon tedavileri, yaşam tarzı değişiklikleri ve psikolojik müdahalelerin menopoz semptomları üzerindeki etkinliğini araştıran çalışmalar artırılmalıdır. Menopozun deneyimlenmesi konusunda daha çeşitli popülasyonların dahil edilmesi, farklı coğrafi bölgeler ve etnik gruplar için daha geçerli sonuçlar elde edilmesine katkı sağlayacaktır. Menopozla ilgili farkındalığı artırmak ve sağlık hizmetlerine erişimi iyileştirmek, özellikle düşük ve orta gelirli ülkelerde önemli bir halk sağlığı sorunu olmalıdır. Dolayısıyla bu eksikliklerin giderilmesi, menopozun etkilerinin daha iyi anlaşılmasına ve kadınların yaşam kalitesini artıracak daha etkili müdahalelerin geliştirilmesine olanak tanıyacaktır.

6. KAYNAKLAR

Abe, S., Kashii, M., Shimada, T., Suzuki, K., Nishimoto, S., Nakagawa, R., ... & Kuriyama, K. Relationship between distal radius fracture severity and 25-hydroxyvitamin-D level among perimenopausal and postmenopausal women, Bone & Joint Open, 3(3), 261-267, 2022.

Biehl, C., Plotsker, O., Mirkin, S. A systematic review of the ef ficacy and safety of vaginal estrogen products for the treat ment of genitourinary syndrome of menopause, Menopause, 26(4):431-453, 2019.

Demirtaş, F. A., Fırat, B., & Sahin, N. Menopoz ve cinsel yaşam: Sistematik derleme, Androloji Bülteni, 24(2), 2022.

Dennerstein, L., Alexander, J. L., & Kotz, K. The menopause and sexual functioning: a review of the population-based studies, Annual review of sex research, 14(1), 64-82, 2003.

Dubnov, G., Brzezinski, A., & Berry, E. M. Weight control and the management of obesity after menopause: the role of physical activity. Maturitas, 44(2), 89-101, 2003.

Fitria, I., Maritalia, D., & Tambunan, H. Identification of physiological and psychological changes durıng menopause ın bıreuen dıstrıct, aceh provınce. Indones Midwifery Heal Sci J, 7(4), 338-55, 2023.

Freeman, E. W. Associations of depression with the transition to menopause. Menopause, 17(4), 823-827, 2010.

García-Alfaro, P., García, S., Rodríguez, I., & Vergés, C. Dry eye disease symptoms and quality of life in perimenopausal and postmenopausal women. European Review for Medical and Pharmacological Sciences, 24(25), 3859-3867, 2020.

Habeeb, S. Menopause: Transition, Effects, and Methods. In Encyclopedia of Sexual Psychology and Behavior (pp. 1-12). Cham: Springer International Publishing, 2023.

Hulteen, R. M., Marlatt, K. L., Allerton, T. D., & Lovre, D. Detrimental changes in health during menopause: the role of physical activity. International journal of sports medicine, 44(06), 389-396, 2023.

Iacuaniello, D. Menopause related libido loss: Is testosterone replacement always needed? In Endocrine Abstracts (Vol. 100). Bioscientifica, June, 2024.

Ilankoon, I. M. P. S., Samarasinghe, K., & Elgán, C. Menopause is a natural stage of aging: a qualitative study, BMC Women's Health, 21, 1-9, 2021.

Kanadys, W., Baranska, A., Jedrych, M., Religioni, U., & Janiszewska, M. Effects of red clover (Trifolium pratense) isoflavones on the lipid profile of perimenopausal and postmenopausal women—A systematic review and meta-analysis, Maturitas, *132*, 7-16, 2020.

Koczkodaj, P., Sulkowska, U., Gotlib, J., & Mańczuk, M. Breast cancer mortality trends in Europe among women in perimenopausal and postmenopausal age (45+), Archives of Medical Science, 16(1), 146-156, 2019.

Li, J., Li, H., Yan, P., Guo, L., Li, J., Han, J., ... & Yang, K. Efficacy and safety of phytoestrogens in the treatment of perimenopausal and postmenopausal depressive disorders: A systematic review and meta-analysis, International Journal of Clinical Practice, 75(10), 2021.

McNeil, M. Menopausal hormone therapy: understanding long-term risks and benefits, JAMA, 318(10), 911-913, 2017.

Mehta, J. M., & Manson, J. E. The menopausal transition period and cardiovascular risk, Nature Reviews Cardiology, 21(3), 203-211, 2024.

NAMS, The 2017 hormone therapy position statement of The North American Menopause Society, Menopause, 24 (7): 728-753, 2017.

Nelson, HD. Commonly used types of postmenopausal es trogen for treatment of hot flashes: scientific review, JAMA, 291(13):1610-1620, 2004.

Nwaru, B. I., Shah, S. A., Tibble, H., Pillinger, R., McLean, S., Ryan, D., ... & Sheikh, A. Hormone replacement therapy and risk of severe asthma exacerbation in perimenopausal and

postmenopausal women: 17-year national cohort study. The Journal of Allergy and Clinical Immunology: In Practice, 9(7), 2751-2760, 2021.

Rafiei, E. H., Riazi, H., Shams, J., & Majd, H. A. Exploring sexual life enrichment: a journey into strengthening well-being for women post-menopause through qualitative study. BMC Women's Health, 24(1), 506, 2024.

Refaei, M., Mardanpour, S., Masoumi, S. Z., & Parsa, P. Women's experiences in the transition to menopause: A qualitative research. BMC Women's Health, 22(1), 53, 2022.

Rojas, K., Spring, L. M., O'Riordan, L., & Weiss, A. Endocrine therapy for surgeons: practical pearls for managing menopausal, bone loss and sexual adverse effects. Annals of Surgical Oncology, 30(10), 5951-5961, 2023.

Rossouw, J. E. Implications of recent clinical trials of postmenopausal hormone therapy for management of cardiovascular disease. Annals of the New York Academy of Sciences, 1089(1), 444-453, 2006.

Santoro, N., Roeca, C., Peters, B. A., & Neal-Perry, G. The menopause transition: signs, symptoms, and management options. The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism, 106(1), 1-15, 2021.

Sherman, S. Defining the menopausal transition. The American Journal of Medicine, 118(12), 3-7, 2005.

Støer, N.C., Vangen, S., Singh, D., Fortner, R.T., Hofvind, S., Ursin, G., & Botteri, E. Menopausal hormone therapy and breast cancer risk: a population-based cohort study of 1.3 million women in Norway. British Journal of Cancer, 1-12, 2024.

Szydlowska, I., Marciniak, A., Brodowska, A., Loj, B., Ciecwiez, S., Skonieczna-Zydecka, K., Palmas, J., Loniewski, I., & Stachowska, E. Effects of probiotics supplementation on the hormone and body mass index in perimenopausal and postmenopausal women using the standardized diet: A 5-week double-blind, placebo-controlled, and randomized clinical study. European Review for Medical and Pharmacological Sciences, 24(25), 3859-3867, 2021.

van Breemen, R. B., Chen, L., Tonsing-Carter, A., Banuvar, S., Barengolts, E., Viana, M., ... & Bolton, J. L. Pharmacokinetic interactions of a hop dietary supplement with drug metabolism in perimenopausal and postmenopausal women. Journal of agricultural and food chemistry, 68(18), 5212-5220, 2020.

Wang, X., Ding, N., Harlow, S. D., Randolph Jr, J. F., Gold, E. B., Derby, C., ... & Park, S. K. Associations between exposure to air pollution and sex hormones during the menopausal transition. Science of the Total Environment, 908, 168317, 2024.

Yadav, V., Jain, A., Dabar, D., Goel, A. D., Sood, A., Joshi, A., ... & Nandeshwar, S. A meta-analysis on the prevalence of depression in perimenopausal and postmenopausal women in India. Asian Journal of Psychiatry, 57, 102581, 2021.

Zhou, Q., Wang, B., Hua, Q., Jin, Q., Xie, J., Ma, J., & Jin, F. Investigation of the relationship between hot flashes, sweating and sleep quality in perimenopausal and postmenopausal women: the mediating effect of anxiety and depression. BMC Women's Health, 21(1), 293, 2021.

Zhu L, Jiang X, Sun Y, Shu W. Effect of hormone therapy on the risk of bone fractures: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. Menopause, 23(4):461-470, 2016.

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

A SCIENTOMETRIC REVIEW OF THE LITERATURE ON SEXUALLY TRANSMITTED DISEASES AND CERVICAL CANCER: AN ANALYSIS OF HPV, HPV VACCINE, AND SMEAR TEST

Sema ÜSTGÖRÜL
Manisa Celal Bayar Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Fakültesi
sema84car@hotmail.com
ORCID:0000-0002-8163-726X

ABSTRACT

This study presents a scientometric review of the literature on sexually transmitted diseases and cervical cancer. It includes an evaluation of human papillomavirus (HPV), HPV vaccine, and Pap smear test. The data of this study were obtained from the Web of Science, PubMed, JSTOR, and Google Scholar database to apply scientometric analysis. The search process followed the steps of a structured systematic review to identify articles related to cervical cancer, HPV and their sexually transmitted diseases concept, which were collected and analysed with the help of VOSviewer. After applying the inclusion and exclusion filters using the above formula, 354 articles were reached in the last five years (2020-2024). In these articles, the words in which these three concepts were used together directly or indirectly were identified. As a result of the analysis, it was determined that 94 of 183 words were used and associated at least 3 times. The scientometrical analysis shows that the researches consist of five clusters. Despite a global trend towards widespread uptake of HPV vaccination and smear testing, there are significant inequalities in access to these tests, particularly in low- and middle-income countries. Studies investigating the combined effects of HPV vaccination and screening interventions suggest that both tactics can be extremely important in reducing the incidence of cervical cancer. It also underlines that there are studies that show that sexually transmitted diseases are linked to cervical cancer and that young people in particular need to be informed about this topic.

Key Words: Cervical Cancer, HPV, Sexually Transmitted Diseases, Pap Smear Test, HPV Vaccine

1. INTRODUCTION

Despite significant advances in prevention and early detection, cervical cancer remains one of the most prevalent forms of cancer among women worldwide (Zhang, et al., 2020). The relationship between cervical cancer and sexually transmitted diseases (STDs), particularly human papillomavirus (HPV), has been well-documented (Disi, et al., 2024; Alotaibi, et al., 2020), with HPV being identified as the primary etiological agent (Xie, et al., 2021; Hughes & Sawleshwarkar, 2023). The introduction of the HPV vaccine and the widespread use of Pap smear testing have shown promise in reducing the incidence of cervical cancer (Goldstein, et al., 2024). However, disparities in access to these preventive measures persist, especially in low- and middle-income countries (LMICs), where the burden of cervical cancer is disproportionately high. This study aims to provide a scientometric analysis of the literature on cervical cancer, HPV, STDs, the HPV vaccine, and Pap smear testing, utilising a comprehensive approach to assess the trends, gaps, and key areas of research within the field. The study utilises a comprehensive approach to analyse recent publications (2020-2024) from prominent

academic databases, including Web of Science (WoS), PubMed, JSTOR, and Google Scholar. The objective is to contribute to the growing body of knowledge in this field and inform public health policies concerning cervical cancer prevention.

2. LITERATURE

The association between HPV and cervical cancer has been the focus of extensive research over the past few decades. HPV, a sexually transmitted virus, is the leading cause of cervical cancer, responsible for the majority of cases worldwide (Okunade, et al., 2020). According to recent studies, persistent infection with high-risk strains of HPV is considered the most significant risk factor for the development of cervical cancer (Zhang, et al., 2020; Na, et al., 2023). As such, HPV testing and vaccination have become central components of preventive strategies (Maver, et al., 2020). The introduction of the HPV vaccine, which provides protection against the most carcinogenic strains of the virus, has been a landmark development in public health, with numerous studies highlighting its effectiveness in reducing the incidence of cervical cancer, particularly in high-income countries where vaccination rates are high. Concurrently, Pap smear testing has been a cornerstone of cervical cancer screening for over half a century. Research has demonstrated that regular Pap smear screening is effective in detecting pre-cancerous lesions in the cervix, facilitating early intervention and achieving a substantial reduction in cervical cancer morbidity and mortality rates (Yusuf, 2024; Teklehaimanot, et al., 2024; Liu & Zheng, 2024). Research indicates that socioeconomic factors, cultural beliefs and limited healthcare infrastructure contribute to these disparities. Moreover, recent literature has begun to examine the combined impact of HPV vaccination and screening programs on reducing cervical cancer rates, with several studies suggesting that when these preventive measures are used together, they have a synergistic effect, greatly enhancing the efficacy of cervical cancer prevention. Furthermore, research is ongoing to explore how co-infections with other sexually transmitted pathogens may influence the progression of cervical cancer.

3. METHODOLOGY

This study compiled the studies on the concepts of cervical cancer and HPV by conducting a comprehensive literature analysis from an STD perspective. The study data were obtained from the Web of Science (WoS) database and analysed with the help of VOSviewer.

3.1. Data Collection

The data of this study were obtained from the Web of Science (WoS), PubMed, JSTOR, and Google Scholar database to apply scientometric analysis. The search process followed the steps of a structured systematic review to identify articles related to cervical cancer, HPV and their STD concept, which were collected and analysed.

The search was performed using a combination of the following formulated keywords: ‘Cervical Cancer‘ AND “HPV” OR “STDs OR ”Pap Smear’ OR ‘HPV Vaccine, refined by “English” (as language) OR “2020-2024” (as date) OR “Review article” (as document type).

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

4. RESULTS

After applying the inclusion and exclusion filters using the above formula, 354 articles were reached in the last five years (2020-2024). In these articles, the words in which these three concepts were used together directly or indirectly were identified. As a result of the analysis, it was determined that 94 of 183 words were used and associated at least 3 times. The keywords used together within the scope of these criteria are shown in Figure 1.

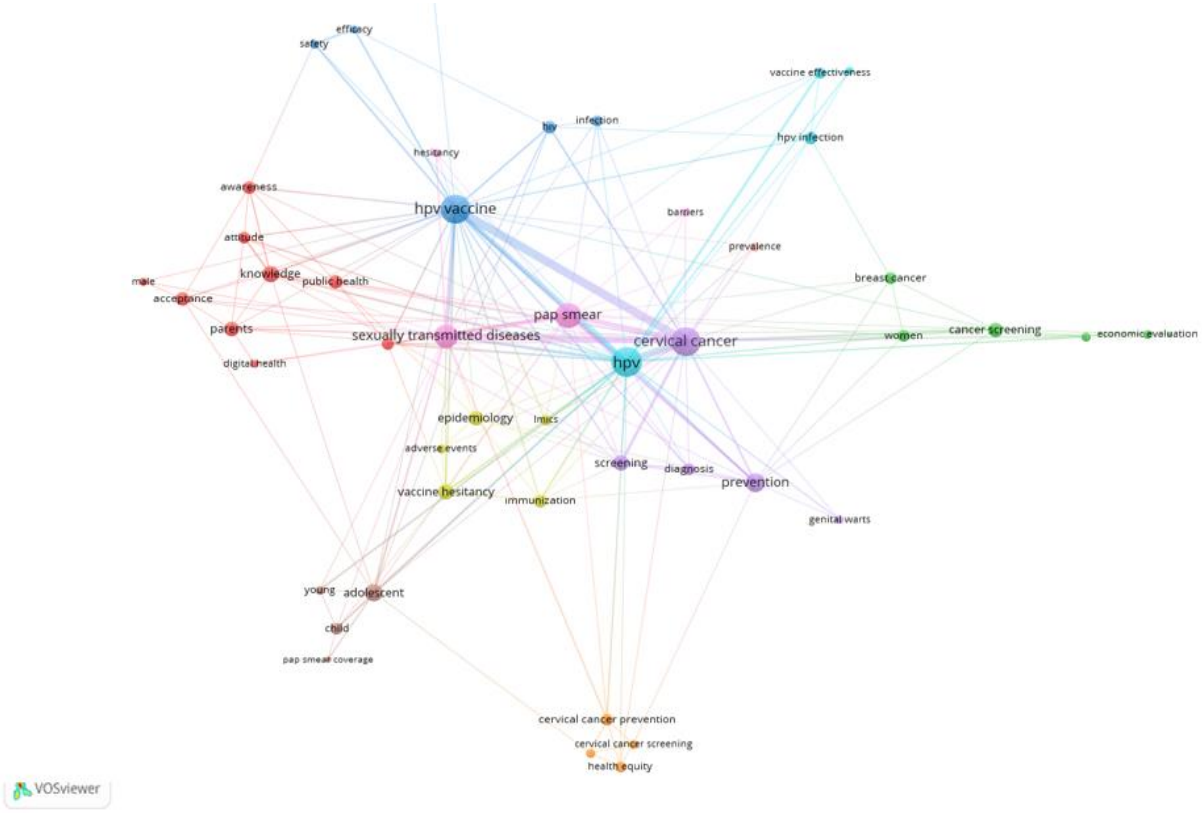


Figure 1: Map of key words used together

This cluster encompasses a range of topics related to cervical cancer, including the human papillomavirus (HPV), the HPV vaccine, Pap smear, sexually transmitted diseases (STDs), prevention strategies, epidemiological principles, vaccine hesitancy, screening procedures, and immunization.

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

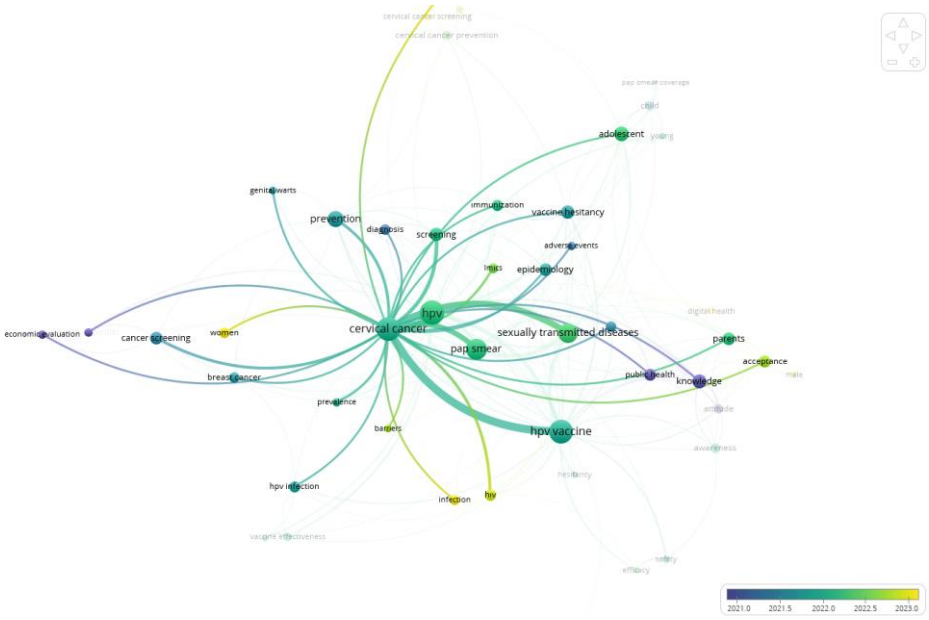


Figure 2: The most frequently used keywords in the context of cervical cancer

The most frequently occurring keywords within this cluster include HPV, HPV vaccine, pap smear, STDs, cervical cancer, adolescent, prevention, and knowledge.

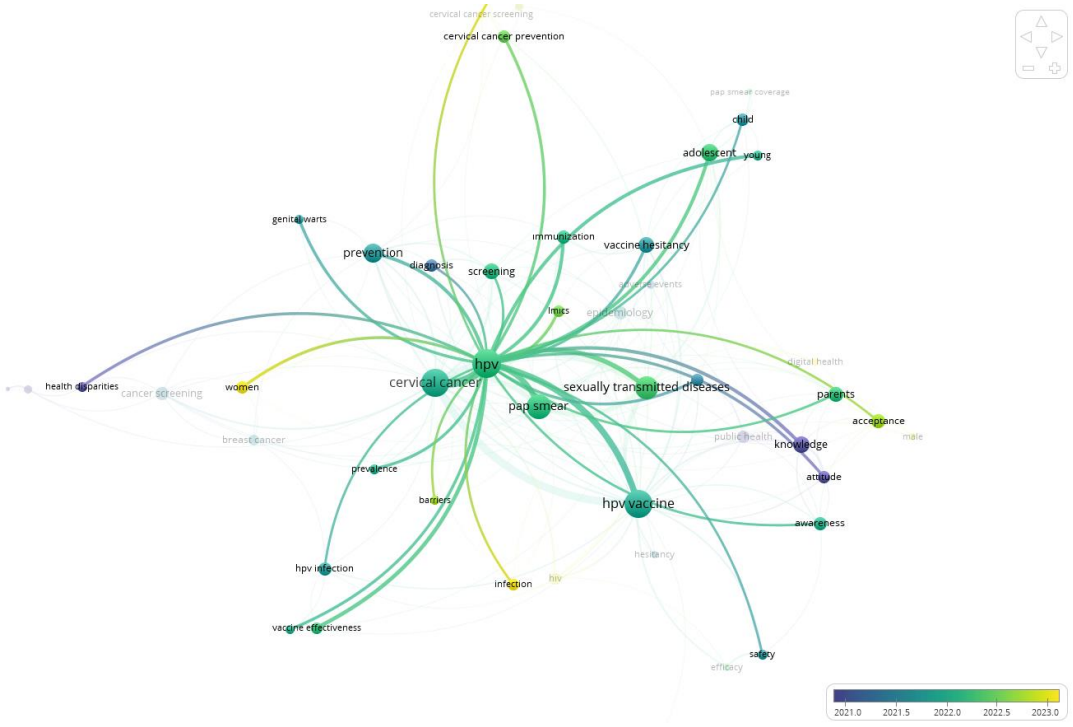


Figure 3: The most frequently used keywords in the context of HPV

The most frequently occurring keywords within the context of sexually transmitted diseases (STDs) include the HPV, the HPV vaccine, Pap smear, cervical cancer, adolescents, prevention, vaccine effectiveness, and cervical cancer.

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

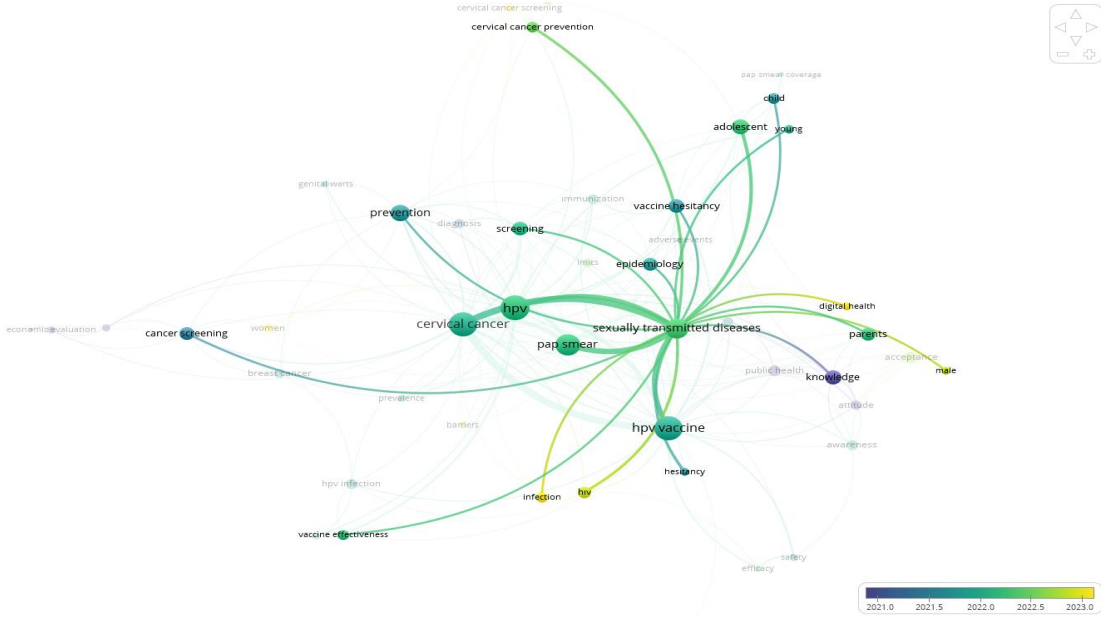


Figure 4: The most frequently used keywords in the context of sexually transmitted diseases

The most frequently occurring keywords within the context of Pap smears include the following: HPV, HPV vaccine, STDs, cervical cancer, adolescents, prevalence, infection, women, barriers, screening, and public health.

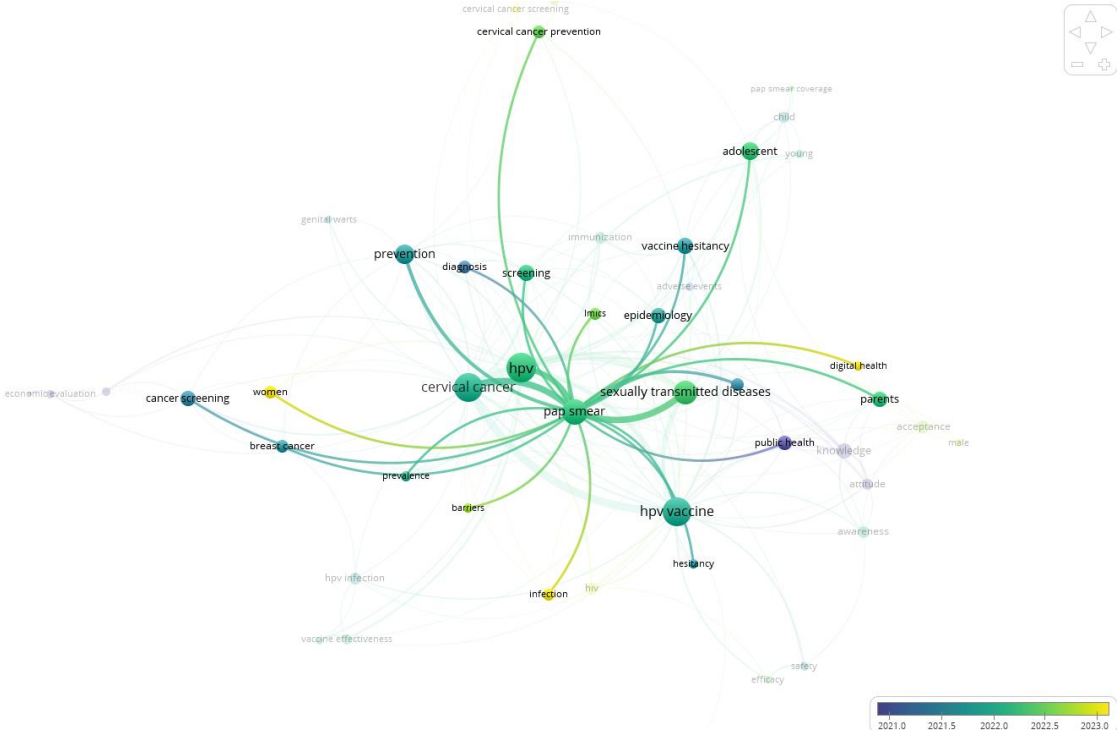


Figure 5: The most frequently used keywords in the context of Pap smears

In the context of HPV vaccination, the most commonly occurring keywords include the HPV virus itself, the efficacy of the vaccines used, the prevalence of HPV, and the factors influencing

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

the acceptance of the vaccine, such as hesitancy and awareness. Additionally, the keywords encompass other pertinent terms such as sexually transmitted diseases (STIs), cervical cancer, and adolescents.

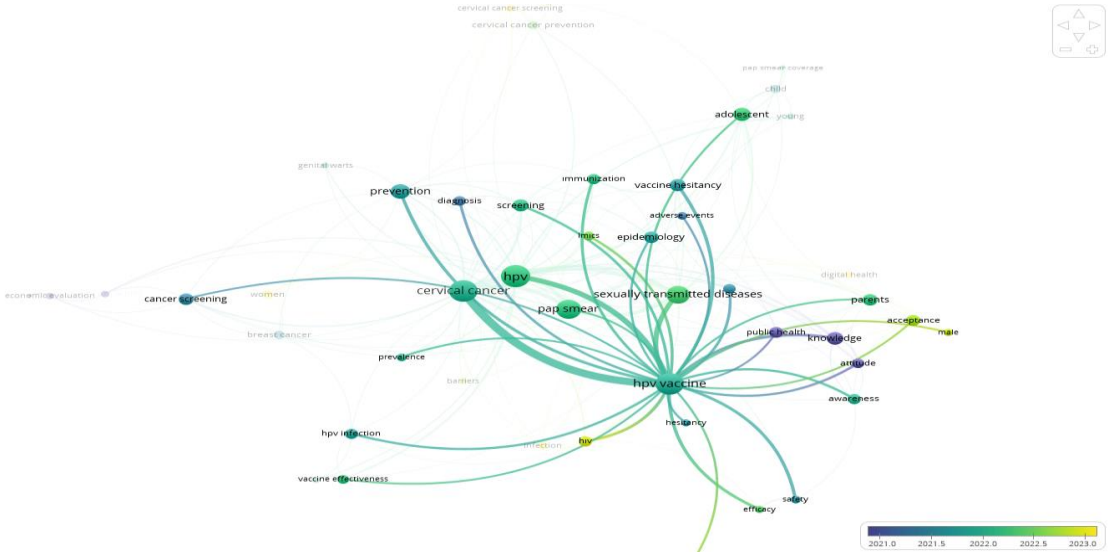


Figure 6: The most frequently used keywords in the context HPV vaccination

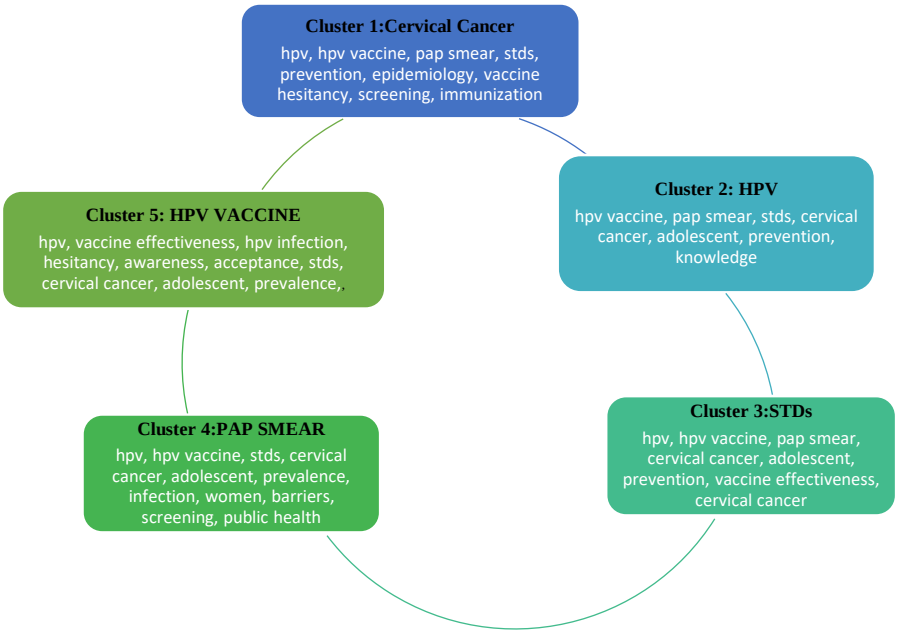


Figure 7: Key words clusters

Cluster 1: Cervical Cancer: (linking key words: hpv, hpv vaccine, pap smear, stds, prevention, epidemiology, vaccine hesitancy, screening, immunization)

This cluster includes studies on the risk factors, especially sexual transmitted diseases, early detection techniques, and treatment approaches for cervical cancer. This cluster also looks at cervical dysplasia, cervical cancer stages, and preventative measures.

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

Cluster 2: HPV (Human Papillomavirus) (linking key words: hpv vaccine, pap smear, stds, cervical cancer, adolescent, prevention, knowledge)

This cluster focuses on the function of HPV, possibly particularly high-risk strains such as HPV-16 and HPV-18. This cluster comprises studies examining the genetic structure of HPV and the relationship between HPV infection and cervical cancer progression. Additionally, studies on HPV's and sexual transmitted diseases are included.

Cluster 3: Sexually transmitted diseases (STDs) (linking key words: hpv, hpv vaccine, pap smear, cervical cancer, adolescent, prevention, vaccine effectiveness, cervical cancer)
This cluster focuses on important STI topics, in particular genital warts and HPV infections. In addition, issues such as the prevalence of STDs, transmission routes, STDs that are probably more contagious among young people and the link between HPV and other STDs are also addressed.

Cluster 4: Pap Smear Test (linking key words: hpv, hpv vaccine, stds, cervical cancer, adolescent, prevalence, infection, women, barriers, screening, public health)

One essential technique for the early identification of cervical cancer is smear testing. The function of Pap Smear and HPV tests, screening programs, early detection techniques, and screening intervals are all included in this cluster. This cluster also probably includes methods like cytological studies and colposcopy.

Cluster 5: Vaccine against HPV (linking key words: hpv, vaccine effectiveness, hpv infection, hesitancy, awareness, acceptance, stds, cervical cancer, adolescent, prevalence)

This cluster compiles studies on HPV vaccine efficacy, vaccine distribution, immunisation concerns and immunisation. Research in this cluster discusses the effectiveness of the HPV vaccine as well as methods to increase immunisation rates globally. In addition, issues such as the equality of the HPV vaccine and its contribution to the prevention of cervical cancer are also highlighted.

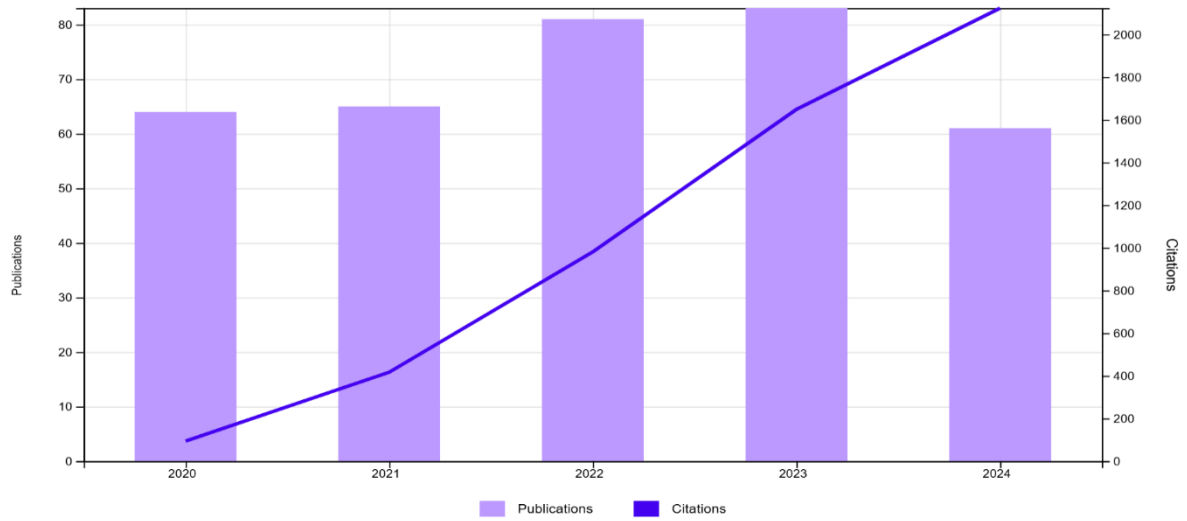


Figure 8: Times Cited and Publications Over Time

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

There were 64 researches and 94 citations in 2020, 65 researches and 417 citations in 2021, researches 81 and 981 citations in 2022, 83 researches and 1649 citations in 2023 and 61 researches and 2123 citations in 2024.

The co-citation and keyword analysis conducted when other databases, including PubMed, JSTOR, and Google Scholar, were searched and analysed using scientometric methods, is presented in the table below. The keyword concurrency analysis indicates that HPV vaccination should be integrated with regular cervical cancer screening.

Table 1: **The co-citation and keyword analysis**

Scientometric Cluster	**Basic Variables**	**Related Keywords**
Sexually Transmitted Diseases (STDs)	HPV Infections, Genital Warts, Sexual Health	HPV, STI, Chlamydia, Gonorrhoea, Syphilis, HIV, STD prevention, Transmission Routes, Public Health
HPV (Human Papillomavirus)	HPV Types, HPV-16, HPV-18	HPV-16, HPV-18, Oncogenic HPV, HPV genome, Cervical Cancer, Molecular Pathogenesis, HPV DNA Testing
HPV Vaccine	Vaccination Efficacy, Vaccination Coverage, Vaccination Programmes	Gardasil, Cervarix, Vaccine Effectiveness, Vaccine Distribution, Global Vaccination, HPV Vaccine Equity
Smear test (Pap smear)	Cervical Screening, Early Diagnosis, Screening Programmes	Pap test, Cervical Cytology, Screening Programmes, HPV Test, Colposcopy, Screening Intervals
Cervical Cancer	Cervical Cancer, Carcinogenesis, Early Diagnosis, Treatment	Cervical Cancer, Carcinogenesis, Cervical Dysplasia, Cancer Staging, Chemotherapy, Radiotherapy, Preventive Strategies

5. DISCUSSION

According to this literature review, which focused on the studies conducted between 2020 and 2024, scientometrically analysed studies show that despite a global trend towards widespread uptake of HPV vaccination and smear testing, there are significant inequalities in access to these tests, particularly in low- and middle-income countries. Studies investigating the combined effects of HPV vaccination and screening interventions suggest that both tactics can be extremely important in reducing the incidence of cervical cancer. It also underlines that there are studies that show that STIs are linked to cervical cancer and that young people in particular need to be informed about this topic.

6. CONCLUSION

This scientometric analysis of the extant literature pertaining to HPV, cervical cancer and its associated prevention methods reveals both considerable advances and notable challenges in the global effort to address the issue of cervical cancer. While the widespread implementation

of HPV vaccination and Pap smear screening has resulted in a decline in the incidence of cervical cancer, access to these crucial services remains disproportionate, particularly in low- and middle-income countries. The study identifies five key areas for future research: cervical cancer, HPV, STDs, the Pap smear test, and the HPV vaccine. Each of these areas is characterised by a distinct set of associated variables and interconnected research themes.

6.1. Limitations

Despite a comprehensive nature of this scientometric analysis, several limitations must be recognised.

Firstly, the study's inclusion of articles solely from the Web of Science, PubMed, JSTOR, and Google Scholar databases may fail to encompass the full scope of global research, particularly in non-English languages or more regional publications. Secondly, while the study's time frame (2020-2024) ensures a focus on recent trends, it may overlook long-term studies that provide valuable insights into the evolving landscape of cervical cancer prevention.

6.2. Suggestions for Future Research

Future research endeavours should prioritize the identification of research gaps in the domain of cervical cancer prevention, with a particular focus on investigating the factors influencing the uptake of HPV vaccination and Pap smear testing in LMICs.Studies exploring the role of education, awareness campaigns, and healthcare policy reform in increasing access to these services are of particular importance, and further research is required to elucidate the interplay between HPV and other STDs in the progression of cervical cancer, with an emphasis on co-infections and their impact on screening and treatment outcomes. Furthermore, the potential of new diagnostic technologies and vaccine formulations to improve cervical cancer prevention and treatment strategies, particularly in underserved populations, should be explored in future studies.

7. REFERENCES

Alotaibi, H. J., Almajhdi, F. N., Alsaleh, A. N., Obeid, D. A., Khayat, H. H., Al-Muammer, T. A., ... & Alhamlan, F. S. Association of sexually transmitted infections and human papillomavirus co-infection with abnormal cervical cytology among women in Saudi Arabia. Saudi journal of biological sciences, 27(6), 1587-1595, 2020.

DiSi, A., Xiao, B., & Xi, S. 250 Association between human papillomavirus infection and common sexually transmitted infections, and the clinical significance of different mycoplasma subtypes, 2024.

Goldstein, A., Gersh, M., Skovronsky, G., & Moss, C. The Future of Cervical Cancer Screening. International Journal of Women's Health, 1715-1731, 2024.

Hughes, Y., & Sawleshwarkar, S. Sexually Transmitted Diseases: An Overview. Sexually Transmissible Oral Diseases, 1-24, 2023.

Liu, Y., & Zheng, W. Cervical Cancer Development, Screening, and Prevention. In Gynecologic and Obstetric Pathology (pp. 1-16). Singapore: Springer Nature Singapore, 2024.

Maver, P. J., & Poljak, M. Primary HPV-based cervical cancer screening in Europe: implementation status, challenges, and future plans. Clinical microbiology and infection, 26(5), 579-583, 2020.

Na, J., Li, Y., Wang, J., Wang, X., Lu, J., & Han, S. The correlation between multiple HPV infections and the occurrence, development, and prognosis of cervical cancer. Frontiers in Microbiology, 14, 1220522, 2023.

Okunade, K. S. Human papillomavirus and cervical cancer. Journal of Obstetrics and Gynaecology, 40(5), 602-608, 2020.

Teklehaimanot, D. A., Mekuria, A. D., Dadi, A. F., & Derseh, B. T. Precancerous lesion determinants in women attending cervical cancer screening at public health facilities in North Shoa Zone, Amhara, Ethiopia: an unmatched case-control study. BMC Women's Health, 24(1), 271, 2024.

Xie, L., Li, Q., Dong, X., Kong, Q., Duan, Y., Chen, X., ... & Liu, T. Investigation of the association between ten pathogens causing sexually transmitted diseases and high-risk human papilloma virus infection in Shanghai. Molecular and Clinical Oncology, 15(1), 1-7, 2021.

Yusuf, M. Perspectives on Cervical Cancer: Insights into Screening Methodology and Challenges. Cancer Screening and Prevention, 3(1), 52-60, 2024.

Zhang, S., Xu, H., Zhang, L., & Qiao, Y. Cervical cancer: Epidemiology, risk factors and screening. Chinese Journal of Cancer Research, 32(6), 720, 2020.

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

BIOLOGICAL AGE DETERMINATION BASED ON DNA METHYLATION

Dr. Fatma CAVUS YONAR
Istanbul University-Cerrahpasa, Institute of Forensic Sciences and Legal Medicine
fatma.cavus@iuc.edu.tr - 0000-0001-5941-8434

ABSTRACT

In the elucidation of criminal incidents, it is necessary to identify the evidence at the crime scene in order to catch the criminal or criminals and protect the rights of the innocent. In forensic genetics, which is an important field in the identification of evidence, many biomarkers have been used from past to present. Although traditional methods used in biological age estimation are based on the analysis of teeth or long bones, it may not be possible to find these remains in every forensic case. Radiologic methods are routinely used to determine the age of individuals by examining the degree of closure of the epiphyseal lines of certain bones, and bone age is determined with various atlases. Molecular methods used in age estimation include mitochondrial DNA deletion, telomere shortening, advanced glycation end products (AGE) and circular excision of T-cell receptors. However, these methods cannot be applied to all body tissues, have high error rates in age estimation and are not suitable for the routine functioning of forensic laboratories.

Current methods used by forensic laboratories in age determination are epigenetic mechanisms. One of these mechanisms is DNA methylation. In forensic sciences, DNA methylation-based analyses can be used in the separation of monozygotic twins, biogeographic ancestry analysis, determination of the origin of body fluids, biological age and wound age estimation. DNA methylation has a relationship with the aging process and gene regions related to growth and development are hypomethylated and decreased with aging. Thus, age estimation with low error rate can be done by using age-related gene regions. In this study, the methods used for age estimation, the advantages and disadvantages of these methods are evaluated, how factors such as smoking, dietary habits, exercise and stress change the level of DNA methylation are examined and various inferences are made in the light of the data obtained.

Anahtar Kelimeler: DNA methylation, epigenetics, biological age estimation, forensic science

DNA METİLASYONUNA DAYALI BİYOLOJİK YAŞ TAYİNİ

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

Dr. Fatma ÇAVUŞ YONAR
İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa, Adli Tıp ve Adli Bilimler Enstitüsü,
fatma.cavus@iuc.edu.tr - 0000-0001-5941-8434

ÖZET

Kriminal olayların aydınlatılmasında, suçlu ya da suçluların yakalanıp masumların haklarının korunabilmesi için olay yerindeki delillerin kimliklendirilmesi gerekir. Delillerin kimliklendirilmesinde önemli bir alan olan adli genetikte geçmişten günümüze kadar pek çok biyobelirteç kullanılmıştır. Biyolojik yaş tahmininde kullanılan geleneksel yöntemler dişlerin veya uzun kemiklerin analizine dayanmasına rağmen her adli olayda bu kalıntılara rastlamak mümkün olamayabilmektedir. Bireylerin yaş tayininde rutinde kullanılan radyolojik yöntemlerle belirli kemiklerin epifiz hatlarının kapanma dereceleri incelenir, çeşitli atlaslar ile kemik yaşı tayin edilir. Yaş tahmininde kullanılan moleküler yöntemler ise mitokondriyal DNA delesyonu, telomer kısalması, ileri glikasyon son ürünleri (AGE) ve T- hücre reseptörlerinin dairesel eksizyonu şeklindedir. Ancak bu metotlar tüm vücut dokularına uygulanamadığı gibi, yaş tahmininde hata oranlarının da yüksek olmasının yanı sıra adli laboratuvarların rutin işleyişine uygun yöntemler değildirler.

Yaş tayininde adli laboratuvarlar tarafından kullanılan güncel yöntemler ise epigenetik mekanizmalardır. Bu mekanizmalardan biri de DNA metilasyonudur. Adli bilimlerde DNA metilasyonuna dayalı analizler; monozigotik ikizlerin ayrımı, biyocoğrafik soy analizi, vücut sıvılarının orijinin belirlenmesi, biyolojik yaş ve yara yaşı tahmininde kullanılabilmektedir. DNA metilasyonunun yaşlanma süreci ile bir ilişkisi vardır ve yaşlanma ile beraber büyüme ve gelişmeyle ilgili gen bölgeleri hipometilasyona uğrayarak azalmaktadır. Böylece yaş ile ilgili gen bölgeleri kullanılarak hata oranı düşük yaş tahmini yapılabilmektedir. Bu çalışmada yaş tahmini için kullanılan yöntemler, ilgili yöntemlerin avantajları ile dezavantajları değerlendirilmekte, sigara kullanımı, beslenme alışkanlıkları, egzersiz ve stres gibi faktörlerin DNA metillenme düzeyini nasıl değiştirdiği incelenmekte ve elde edilen veriler ışığında da çeşitli çıkarımlar yapılmaktadır.

Anahtar Kelimeler: DNA metilasyonu, epigenetik, biyolojik yaş tahmini, adli bilimler

1. GİRİŞ

Epigenetik, DNA dizisinde değişme olmadan genin ifadesindeki kalıtsal değişikliklere sebep olan tersinir modifikasyonlardır (Chukwuma Sr, 2022). Epigenetik modifikasyonlar; kromatinin yeniden modellenmesi, histon modifikasyonları, kodlanmayan RNA'lar ve DNA metilasyonu gibi mekanizmalarla düzenlenir (Vidaki vd., 2013). DNA metilasyonu, DNA metiltransferaz (DNMT) enzimi aracılığıyla CpG dinükleotitlerinde sitozinin 5' ucuna metil (-CH3) grubunun eklenmesi sonucu oluşur (Kader & Ghai, 2015). DNA metilasyonu, gen

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

ifadesini düzenleyerek genlerin aktif ya da inaktif olmasına katkı sağlar. Oluşan metilasyon patterni (profili) kalıtsal olarak sonraki nesillere aktarılabilmektedir (Chukwuma Sr, 2022).

Adli bilimler alanında DNA metilasyon analizi; vücut sıvılarının orijinin belirlenmesi, monozigotik ikizlerin ayrımı, biyocoğrafik soy analizi ve yaş tahmininde kullanılabilmektedir (Manisha Rana vd., 2023). Yaş tahmininde kullanılan geleneksel yöntemler; dişlerin veya uzun kemiklerin analizine dayanmaktadır. Ancak her adli olayda bu kalıntılara rastlamak mümkün değildir. Moleküler yöntemler ise mitokondriyal DNA delesyonu, aspartik asit rasemizasyonu, ileri glikasyon son ürünleri (AGE), telomer kısalması ve T-hücre reseptörlerinin dairesel eksizyonu şeklinde sayılabilir. Ancak bu metotlar da tüm vücut dokularına uygulanamadığı gibi, biyolojik yaşın tahmininde hata oranları da yüksektir. Ayrıca adli laboratuvarların rutin işleyişine de uygun yöntemler değildirler (Freire-Aradas vd., 2017). Son yıllarda yapılan çalışmalarda dokuya özgü CpG bölgelerinde gerçekleşen hipometilasyon veya hipermetilasyonun (metilasyon paterninin) kronolojik yaşla korelasyon içinde olduğu ve diğer yöntemlere göre daha güvenilir sonuçlar verdiği tespit edilmiştir (Kader & Ghai, 2015).

2. ADLİ BİLİMLERDE BİYOLOJİK YAŞ TAYİNİ

Adli bir vaka gerçekleştiğinde suçun aydınlatılabilmesi için olay yerinden toplanan örneklerin şüpheli(ler)den alınan örneklerle karşılaştırılması gerekmektedir. Ancak olay yerinden toplanan örneğin karşılaştırılabileceği bir veri bulunmadığında ya da DNA veri bankasında bir eşleşme yakalanamadığında fail ile ilgili bir sonuca ulaşılamaz. Bu nedenle karşılaştırılacak bir numune bulunmadığında, kişilerin fenotipik özelliklerinin belirlenebileceği başka veriler elde edilmeye çalışılır (Schneider vd., 2019). Kimliklendirmede; genotipik profilleme yapılmasının yanı sıra canlı ve ölü kişilerin yaş, boy, cinsiyet, göz, saç ve ten rengi gibi bazı fenotipik özellikleri açığa çıkarılmaya çalışılır. Kişinin kimliğinin ortaya konmasında özellikle yaş tayini önem arz eden bir konudur. Yaş tayini; askerlik yapma, memur ya da emekli olabilme, evlenebilme, ehliyetin alınabilmesi, miras durumları, yaş ile ilgili bir sınırlamanın olduğu mesleklerde, zamanında kimlik kartının alınamaması durumunda, adli vakalarda kimliği bilinmeyen cesetlerin ve felaket kurbanlarının yaşının saptanmasında, insan kaçakçılığında, çocuğa yönelik cinsel istismar ve reşit olmayanla cinsel ilişki suçlarında, şüpheli nüfus kayıtlarının var olduğu durumlarda yapılmaktadır (Şener &Polat, 2020). Adli bilimlerde yaş tayininde kullanılan çeşitli geleneksel ve güncel yöntemler bulunaktadır. Yaş tayininde kullanılan geleneksel yöntemlerden başlıcaları radyolojik, morfolojik ve histolojik yöntemlerken, güncel yöntemlerde ise epigenetik mekanizmalar devreye girmektedir.

2.1. Biyolojik Yaş Tayininde Kullanılan Geleneksel Yöntemler

Radyolojik yöntem, yaş tespitinde en sık kullanılan yöntemdir. Bu yöntemde kemiklerin epifiz hatlarının kapanma dereceleri radyografiler ile incelenir ve atlaslar aracılığıyla kemik yaşı tayin edilmeye çalışılır. Radyolojik yöntemde özellikle kişilerin el-bilek radyografileri kullanılır (Arslan vd., 2007). Radyolojik yöntemde Greulich-Pyle Atlası, Tanner-Whitehouse Atlası ve Adli Tıpta Yaş Tayini olmak üzere kullanılan üç tür atlas bulunmaktadır (Schranz, 1959). Türkiye'de kullanılan Adli Tıpta Yaş Tayini atlası yaşları 1 ile 50 arasında değişen kişiler baz alınarak hazırlanmıştır. Yaş ile ilgili rapor yaş ile ilişkili boy, kilo, diş sayısı ve radyolojik görüntülerin incelenmesi ve davaya konu olmuş kişinin bulgularının mukayese edilmesi

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

sonucunda hazırlanır (Karabakır, 2015). Greulich-Pyle metodunda yaş ve cinsiyet faktörleri birlikte ele alınmıştır. Yaş tahmini yapılması istenen kişinin grafileri, atlasta bulunan grafilerle karşılaştırılır ve en iyi eşleşmeyi gösterenler kabul edilerek olgunun yaşına karar verilir (Greulich&Pyle; 1971). Tanner-Whitehouse metodunda ise el ve el bilek kemiklerinin kemikleşme dereceleri cinsiyet baz alınarak derecelendirilmiştir. Yaş tahmini yapılması istenen kişinin grafilerinden kemiklerin kemikleşme dereceleri atlas aracılığıyla cinsiyete göre derecelendirilir. Bu dereceler, en uygun yaşla ilişkilendirilerek yaş tahmini yapılır (Tanner vd., 1983). Greulich-Pyle metodu, Tanner-Whitehouse metoduna göre çok daha kolay uygulandığından kullanımı yaygındır. Radyolojik yöntemler, konvansiyonel ve güvenilir olmasına rağmen kesin bir yaş vermez. Ayrıca yaş tayini için kullanılan yöntemler ile yirmi iki yaşa kadar olan vakalarda kişinin yaşı rahatça tespit edilebilirken kişilerin yaşının 25-40 arası olduğu durumlarda yaş tayini yapmak çok daha zor bir hale gelmektedir (Yılmazer, 2006). Bu sebeple kesin yaş tayininin yapılabilmesi için geleneksel yöntemlerin güncel yöntemler ile desteklenmesi gerekmektedir.

Morfolojik yöntem, kemiklerin boyu, rengi, genişliği ve yüzey değişimi gibi çeşitli niteliklerini baz alarak yaş tahmininin mukayese ile yapılmasına dayanmaktadır. Morfolojik çalışmalar, ilk kez 1920 yılında Todd'un pubis simfizisin yaşa bağlı olarak gösterdiği değişimlerin esas alınması ile başlamıştır (Todd, 1920). Bu yöntemin avantajı, küçük bir yönü, küçük bir kosta parçası ile dahi yaş tayininin yapılmasına imkan vermesidir (Isır, 2009).

Histolojik Yöntem, yaş tayini için kullanılan yöntemler arasında en yenisidir. Genel olarak morfolojik belirteçlerin bulunmadığı veya hasar gördüğü durumlarda yaş tahminine alternatif bir yaklaşım olarak sunulmuştur (Dominguez&Mavroudas; 2019).

2.2. Yaş Tayininde Kullanılan Güncel Yöntemler

Epigenetik, DNA dizisinin dışındaki mekanizmaların neden olduğu gen fonksiyonundaki veya hücresel fenotipteki kalıtsal değişikliklerin incelenmesini ifade eder (Vidaki vd., 2013). Epigenetik mekanizmalar; histon modifikasyonları, kromatinin yeniden düzenlenmesi, kodlanmayan RNA'lar ve DNA metilasyonu olarak bilinmektedir (Weinhold, 2006).

Histon proteinleri, gen ifadesinin düzenlenmesinde rol oynamakta ve bu proteinlerin N-terminal uçlarındaki kuyruklara eklenen grupların çeşidine göre farklı isimler almaktadır. Bu proteinlerin N-terminal uçlarına asetil gruplarının eklenmesiyle asetilasyon, metil grubunun eklenmesiyle metilasyon, fosfat grubunun eklenmesiyle fosforilasyon, ubikitin proteinlerinin eklenmesiyle ubikitinasyon, SUMO proteinlerinin eklenmesiyle sumolasyon meydana gelmektedir (Bannister&Kouzarides, 2011).

Kromatinin yeniden düzenlenmesi; DNA metilasyonu, histon modifikasyonları ve kromatin düzenleyicileri ile gerçekleşmektedir. Gen anlatımında rol oynayan sinyal molekülleri, kromatinin yeniden düzenlenmesi ile hedef DNA bölgesine ulaşımı sağlanır. Gen ekspresyonunda önemli olan sinyal moleküllerinin, kromatinin yeniden düzenlenmesi sayesinde hedef DNA bölgesine erişim sağlamasıdır (Carlberg&Molnár, 2018).

Kodlanmayan RNA'lar, DNA'dan transkribe edildikten sonra translasyona uğramaz ve proteine dönüşmezler. Bu moleküller, gen susturulmasını post-transkripsiyonel düzeyde

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

gerçekleştirirler ve temel olarak iki ana kategoriye ayrılırlar. Kısa kodlanmayan RNA'lar, çeşitli sistemler ile gen anlatımında etkili iken uzun kodlanmayan RNA'lar transkripsiyon, nükleer düzenleme ve mRNA stabilitesinin kontrolünde etkilidir (Hombach&Kretz, 2016).

Epigenetik mekanizmalardan biri olan DNA metilasyonu genomda en iyi tanımlanmış olanıdır. DNA metilasyonu adli bilimlerde; yaş tahmini, vücut sıvılarının kimliklendirilmesi ve tek yumurta ikizlerinin ayırt edilmesinde kullanılmaktadır. Literatürde yapılan çalışmalar ile DNA metilasyonunun adli bilimlerde kimliklendirmeye katkı sağlayabileceği ortaya konmuştur (Kader&Ghai, 2015).

DNA metilasyonu, CpG dinükleotidlerindeki sitozin kalıntılarının 5' pozisyonuna bir metil grubunun eklenmesi ile oluşur. DNA metilasyonu normal gelişim için hayati bir biyokimyasal süreç olduğundan yaşla doğrudan bir ilişkisi bulunmaktadır. Bu nedenle büyüme ve gelişmede etkili genlerin promotör bölgelerindeki CpG adacıklarında bulunan DNA metilasyon belirteçlerinin metilasyon profilleri analiz edilerek yaş tahmini yapılabilmektedir (Maulani&Auerkari, 2020). Yaşla ilişkili DNA metilasyon değişimleri, epigenetik drift ve epigenetik saat olarak bilinen olaylarla açıklanmaktadır. Epigenetik drift (kayma), bireyin maruz kaldığı çevre ve yaşam şartlarının, diğer yaşıtları ile epigenom farklılıklarının görülmesini ifade etmektedir. Epigenetik kaymaya sigara ve alkol kullanımı, beslenme şekli ve fiziksel aktivitenin neden olduğu bilinmektedir (Lee vd., 2016). Epigenetik saat ise bireyler arasında yaşa bağlı meydana gelen DNA metilasyon modellerini ifade etmektedir.

Yaşlanma ile beraber büyüme ve gelişme ile ilgili gen bölgeleri hipometilasyona uğrayarak azalacağından yaş ile ilgili gen bölgeleri kullanılarak yaş tahmini yapılabilmektedir). Fakat kişinin beslenme biçimi, alışkanlıkları, alkol ya da sigara gibi bağımlılıkları ve stres durumu, metilasyon seviyelerinde değişiklik oluşturduğundan DNA metilasyonu ile yaş tahmini yapılırken birçok değişken çevresel faktörün etkili olduğu unutulmamalıdır (Vidaki&Kayser, 2017). Ayrıca her bir doku örneği farklı metilasyon modeline sahip olduğundan metilasyonla yaş tayini yapabilmek için her dokunun ayrı ayrı çalışılması gerekmektedir. Bu sebeple de günümüzde birçok doku örneği, farklı etkenleri içine alacak şekilde metilasyon çalışmalarında kullanılmakta ve yaş tayini güncel ve dinamik yöntemlerle yapılmaktadır (Horvath, 2013).

3. DNA METİLASYONU VE ÇEVRESEL FAKTÖRLER

Epigenetik modifikasyonların, çevresel faktörlerden etkilendiği yapılan çalışmalarla ortaya konmuştur (Ghai vd., 2020). Örneğin, sigara kullanımı, beslenme alışkanlıkları, egzersiz ve stres gibi faktörler DNA metillenme seviyesini değiştirebilmektedir (Maulani & Auerkari, 2020b). Sigara dumanı, içerdiği kimyasallar ile DNA metilasyonunu birkaç mekanizma üzerinden etkileyen güçlü bir çevresel faktördür (Lee&Pausova, 2013).

Sigara içmek sağlık üzerindeki olumsuz etkilerine rağmen yaygın bir davranış olmakla beraber nüfusun önemli bir kısmı sigara içmeye devam etmektedir (Flouris vd., 2012). Sigara içme alışkanlığı ile ilişkili DNA metilasyon modellerini araştıran çok sayıda çalışma mevcuttur. Sigara dumanı, içinde bulunan kimyasallar nedeniyle DNA metilasyonunu birkaç mekanizma üstünden etkileyen kuvvetli bir çevresel etmendir (Lee&Pausova, 2013). Dahası, DNA metilasyon modelleri, hali hazırda sigara içenleri sigara içmeyenlerden ve ayrıca daha önce sigara içenleri sigara içmeyenlerden ayırmanın bir yoludur (Zhang vd., 2016). DNA metilasyon

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

değişikliklerinin derecesi sigara içme yoğunluğu (paket-yıl) ile ilişkilidir (Wilson vd., 2017). Sigara dumanı, genomda hem mutajenik hem de epigenetik farklılıklara yol açan, polisiklik aromatik hidrokarbonlar ve çok fazla kanserojen maddeyi içinde barındıran sayısız kimyasal içermektedir (Talhout vd., 2011). Bunlardan arsenik, krom, formaldehit, polisiklik aromatik hidrokarbonlar ve nitrozaminler gibi kanserojenler DNA yapısını bozarak DNA hasarına neden olurlar (Smith & Hansch, 2000). Sigara dumanında bulunan nikotin DNA metilasyonuna etki ederek gen ekspresyonunu etkiler. DNA bağlama faktörleri, genlerin düzenlenmesinde rol oynayan proteinlerdir. Bu faktörler, DNA'ya bağlanarak gen ekspresyonunu arttırabilir veya azaltabilirler. Sigara dumanı, DNA bağlama faktörlerinin ekspresyonunu etkileyerek DNA metilasyonunda değişikliklere neden olabileceği gösterilmektedir (Lee&Pausova, 2013). Yine sigara dumanında bulunan karbondioksit, oksijenle rekabet ederek hemoglobine bağlanır ve hipoksiye neden olarak DNA metilasyonunu etkiler. Hipoksi, MAT2A'nın HIF-1a'ya bağımlı regülasyonunu arttırabilir, bu da DNA metilasyonu için kritik olan S-adenosilmetionin üretimini azaltarak genomik demetilasyonu tetikler (Liu vd., 2011).

Vücut kitle indeksi (BMI) DNA metilasyon yaşıyla doğrudan ilişkilidir (Ryan vd., 2020). BMI'nin DNA metilasyon yaşıyla pozitif ilişkili olduğu bulgusunu desteklemek için, artan BMI ve obezitenin, yaşlanmanın bir başka biyobelirteci olan hızlandırılmış telomer kısalması ile de ilişkilendirilmektedir. Obezite, yaşa bağlı birçok hastalık için önemli bir risk faktörüdür. Beyaz kan hücresi dönüşümünü arttıran ve dolayısıyla yaşlanmaya neden olduğu düşünülen artmış oksidatif stres ve proinflamatuar durumla ilişkilidir. Son çalışmalar alınan kalorinin kısıtlanmasının yaşlanmayı geciktirmede faydalı olabileceğini göstermektedir.

4. GENEL DEĞERLENDİRME VE SONUÇLAR

DNA metilasyonu gelecekte yaş tahmini için güvenilir, doğru ve pratik yöntemlerin geliştirilmesi açısından umut vaat etmektedir. Çeşitli faktörlerin etkisi göz önünde bulundurarak en bilgilendirici ve hassas belirteçleri belirlemek, yaş tahminini rutin adli iş akışlarına entegre etmek için çok önemlidir (Castagnola vd., 2024) Ancak DNA metilasyonu, stres, sigara kullanımı, beslenme alışkanlıkları gibi çok fazla çevresel faktörden etkilenebilmekte ve yaş tahmin oranlarında sapmalara neden olabilmektedir. Daha önce yapılan bir dizi çalışma, erkeklerin kadınlardan daha büyük bir DNA metilasyon yaşına sahip olduğunu bildirmiştir. Bu da kadınların ortalama olarak daha uzun ömürlerini destekleyicidir. Etnik farklılıkların biyolojik yaşa bağlı DNA metilasyonunu nasıl etkilediğine dair çalışmalar ise kısıtlıdır. Bu nedenle geliştirilmiş yaş tahmin panellerinin farklı yaşam alışkanlıklarına sahip bireylerde çalışılarak panelin bu yaşam alışkanlıklarından etkilenip etkilenmediğini ve bu alışkanlıkların yaş tahmininde sapmaya neden olup olmadığının belirlenmesi gerekir.

KAYNAKÇA

Arslan, M. M., Çekin, N., Akçan, R., & Saylak, E. (2008). Hatay Ağır Ceza ve Asliye Hukuk Mahkemelerine 2007 yılında yansıyan yaş tespiti davalarının incelenmesi. Adli Tıp Dergisi, 22(2), 8-13.

Bannister, A. J., & Kouzarides, T. (2011). Regulation of chromatin by histone modifications. Cell research, 21(3), 381-395.

Carlberg, C., Molnár, F., Carlberg, C., & Molnár, F. (2018). What Is Epigenomics?. Human Epigenomics, 3-18.

Castagnola, M. J., Medina-Paz, F., & Zapico, S. C. (2024). Uncovering Forensic Evidence: A Path to Age Estimation through DNA Methylation. International Journal of Molecular Sciences, 25(9), 4917.

Chukwuma Sr, C. (2022). Characterization of the clinical and molecular perspectives of epigenetics. Archives of Clinical Investigation, 1(1).

Dominguez, V. M., & Mavroudas, S. (2019). Bone histology for skeletal age-at-death estimation. In Age estimation (pp. 145-159). Academic Press.

Flouris, A. D., Metsios, G. S., Carrill, A. E., Jamurtas, A. Z., Stivaktakis, P. D., Tzatzarakis, M. N., ... & Koutedakis, Y. (2012). Respiratory and immune response to maximal physical exertion following exposure to secondhand smoke in healthy adults. PLoS One, 7(2), e31880.

Freire-Aradas, A., Phillips, C., & Lareu, M. V. (2017). Forensic individual age estimation with DNA: from initial approaches to methylation tests. Forensic Sci Rev, 29(2), 121-144.

Greulich, W. W. (1959). Radiographic atlas of skeletal development of the hand and wrist.

Hombach, S., & Kretz, M. (2016). Non-coding RNAs: classification, biology and functioning. Non-coding RNAs in colorectal cancer, 3-17.

Horvath, S. (2013). DNA methylation age of human tissues and cell types. Genome biology, 14, 1-20.

Isır, A. B. (2011). Adli hekimlikte yaş tayini. Koç S, Can M, editörler. Birinci Basamakta Adli Tıp (2. baskı) İstanbul, 222-234.

Kader, F., & Ghai, M. (2015). DNA methylation and application in forensic sciences. Forensic science international, 249, 255-265.

Karabakir, B. (2015). Adli olguların canlıda yaş tayini açısından incelenmesi.

Lee, H. Y., Lee, S. D., & Shin, K. J. (2016). Forensic DNA methylation profiling from evidence material for investigative leads. BMB reports, 49(7), 359.

Lee, K. W., & Pausova, Z. (2013). Cigarette smoking and DNA methylation. Frontiers in genetics, 4, 132.

Liu, Q., Liu, L., Zhao, Y., Zhang, J., Wang, D., Chen, J., ... & Liu, Z. (2011). Hypoxia induces genomic DNA demethylation through the activation of HIF-1α and transcriptional upregulation of MAT2A in hepatoma cells. Molecular cancer therapeutics, 10(6), 1113-1123.

Maulani, C., & Auerkari, E. I. (2020). Age estimation using DNA methylation technique in forensics: a systematic review. Egyptian Journal of Forensic Sciences, 10, 1-15.

Rana, M., Ahmed, U., & Kushwaha, P. (2023). DNA Methylation: Bridging life's experience and genetics within forensic scenario. GSC Biological and pharmaceutical sciences, 23(2), 042-049.

Ryan, J., Wrigglesworth, J., Loong, J., Fransquet, P. D., & Woods, R. L. (2020). A systematic review and meta-analysis of environmental, lifestyle, and health factors associated with DNA methylation age. The Journals of Gerontology: Series A, 75(3), 481-494.

Schneider, P. M., Prainsack, B., & Kayser, M. (2019). The use of forensic DNA phenotyping in predicting appearance and biogeographic ancestry. Deutsches Ärzteblatt International, 116(51-52), 873.

Schranz, D. (1959). Critical remarks on the evaluation of age determination characteristics of teeth and bones. Deutsche Zeitschrift fur die Gesamte Gerichtliche Medizin, 48, 562-575.

Smith, C. J., & Hansch, C. (2000). The relative toxicity of compounds in mainstream cigarette smoke condensate. Food and Chemical Toxicology, 38(7), 637-646.

Şener, M. T., & Polat, Ş. (2020). Adli yaş tahmini yapılan olguların değerlendirilmesi: retrospektif bir çalışma. KSU Medical Journal, 15(2), 1-6.

Talhout, R., Schulz, T., Florek, E., Van Benthem, J., Wester, P., & Opperhuizen, A. (2011). Hazardous compounds in tobacco smoke. International journal of environmental research and public health, 8(2), 613-628.

Tanner, J. M. (1983). Assessement of skeletal maturity and predicting of adult height (TW2 method). Prediction of adult height, 22-37.

Todd, T. W. (1920). Age changes in the pubic bone. I. The male white pubis. American journal of physical anthropology, 3(3), 285-334.

Vidaki, A., Daniel, B., & Court, D. S. (2013). Forensic DNA methylation profiling—potential opportunities and challenges. Forensic Science International: Genetics, 7(5), 499-507.

Vidaki, A., & Kayser, M. (2017). From forensic epigenetics to forensic epigenomics: broadening DNA investigative intelligence. Genome biology, 18, 1-13.

Weinhold, B. (2006). 'Epigenetics: The Science of Change', Enviromental Health Perspect, vol. 114, no. 3, pp. 160–167, 2006.

Wilson, R., Wahl, S., Pfeiffer, L., Ward-Caviness, C. K., Kunze, S., Kretschmer, A., ... & Waldenberger, M. (2017). The dynamics of smoking-related disturbed methylation: a two time-point study of methylation change in smokers, non-smokers and former smokers. BMC genomics, 18, 1-15.

Yılmazer, Ö. (2006). Adli Tıp Kurumu'nda Yaş Tayininde Kullanılan Yöntemin Verimlilik Açısından Değerlendirilmesi. Uzmanlık Tezi, TC Adalet Bakanlığı Adli Tıp Kurumu, İstanbul.

Zhang, Y., Florath, I., Saum, K. U., & Brenner, H. (2016). Self-reported smoking, serum cotinine, and blood DNA methylation. Environmental research, 146, 395-403.

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

INTEGRATION OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN FORENSIC SCIENCE: OPPORTUNITIES AND CHALLENGES

Dr. Fatma CAVUS YONAR

Istanbul University-Cerrahpasa, Institute of Forensic Sciences and Legal Medicine

fatma.cavus@iuc.edu.tr - 0000-0001-5941-8434

ABSTRACT

Artificial intelligence entered our lives in the 1950s as computer and computer-related technologies. Over time, it has evolved into web-based and online intelligent systems. However, today, with the rapid developments in technology, various systems have emerged, such as web-based chatbots and applications that can imitate human intelligence with the use of computer systems and have the ability to make human-specific decisions. These systems are capable of analyzing and meeting needs in the presence or absence of people. In the literature, artificial intelligence is defined as computer-based systems that can imitate human intelligence and perform various cognitive processes usually associated with human intelligence such as learning, problem solving, pattern recognition. At the same time, systems that have the ability to perform tasks that require human intelligence, such as visual perception, speech, recognition, decision-making and learning, are also considered within the scope of artificial intelligence. Algorithms and machine learning have been particularly influential in the development of this field of science. Algorithms are a procedure with steps defined to perform a specific function. With this procedure, computers can follow the steps in the procedure and find solutions to problems of different scales. Machine learning is an artificial intelligence discipline that enables machines to learn automatically from data with minimal human intervention.

In recent years, the field of artificial intelligence has been of great importance in forensic sciences. In investigations that are difficult to analyze, artificial intelligence has started to be used and is still actively used in order to clarify the events in a faster and more active manner. As a result of the introduction of algorithms, the examination and interpretation of forensic evidence has moved to another level. For the reasons mentioned above, artificial intelligence is actively used in many fields such as forensic anthropology, forensic odontology, forensic genetics, forensic toxicology, forensic ballistics and forensic informatics. Within the scope of this study, the applications of artificial intelligence in forensic sciences will be discussed and the ethical and legal dimensions of artificial intelligence software related to forensic sciences will be examined.

Anahtar Kelimeler: Artificial intelligence, deep learning, forensic science, digital revolution, ethics

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

ADLİ BİLİMLERE YAPAY ZEKANIN ENTEGRASYONU: FIRSATLAR VE ZORLUKLAR

Dr. Fatma ÇAVUŞ YONAR

İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa, Adli Tıp ve Adli Bilimler Enstitüsü

fatma.cavus@iuc.edu.tr - 0000-0001-5941-8434

ÖZET

Yapay zekâ, 1950'li yıllarda bilgisayar ve bilgisayarla ilgili teknolojiler olarak hayatımıza girmiştir. Zaman içinde web tabanlı ve çevrimiçi akıllı sistemlere dönüşmüştür. Ancak günümüzde, teknolojideki hızlı gelişimelerle birlikte, bilgisayar sistemlerinin kullanımıyla insan zekasını taklit edebilen ve insana özgü karar verme yeteneğine sahip uygulamalar ve web tabanlı chatbotlar gibi çeşitli sistemler ortaya çıkmıştır. Bu sistemler, kişilerin varlığında veya yokluğunda ihtiyaç analizi yapabilen ve karşılayabilen bir niteliğe sahiptir. Literatürde yapay zekâ, insan zekasını taklit edebilen ve genellikle öğrenme, problem çözme, örüntü tanıma gibi insan zekasıyla ilişkilendirilen çeşitli bilişsel süreçleri yerine getirebilen bilgisayar tabanlı sistemler olarak tanımlanmaktadır. Aynı zamanda, görsel algı, konuşma, tanıma, karar verme ve öğrenme gibi insan zekâsı gerektiren görevleri yerine getirme yeteneğine sahip olan sistemler de yapay zekâ kapsamında değerlendirilmektedir. Bu bilim alanının gelişmesinde özellikle algoritmalar ve makine öğrenimi etkili olmuştur. Algoritmalar, belirli bir işlevi gerçekleştirmek üzere tanımlanan adımların yer aldığı bir prosedürdür. Bu prosedür sayesinde bilgisayarlar, prosedürde yer alan adımları takip edebilmekte ve değişik ölçekteki sorunlara da çözüm bulabilmektedir. Makine öğrenimi ise makinelerin en az insan müdahalesi ile verilerden otomatik bir biçimde öğrenme işlemini gerçekleştiren bir yapay zeka disiplinidir.

Son yıllarda adli bilimlere yapay zekanın entegrasyonu ile suçluların tespiti ve kriminal olayların aydınlatılması konularında önemli ilerlemeler kaydedilmiştir. Çözümlenmesi zor olan soruşturmalarda, olayların daha hızlı ve aktif bir biçimde açığa kavuşturulabilmesi için yapay zeka kullanılmaya başlanmış ve hala aktif bir biçimde de kullanılmaktadır. Algoritmaların da devreye sokulması sonucu adli delillerin incelenmesi ve yorumlanması başka bir seviyeye taşınmıştır. Sayılan nedenler dolayısıyla yapay zeka adli tıp başta olmak üzere adli antropoloji, adli odontoloji, adli genetik, adli toksikoloji, adli balistik ve adli bilişim gibi pek çok alanda aktif bir şekilde kullanılmaktadır. Bu çalışma kapsamında yapay zekanın adli bilimlerdeki uygulamaları tartışılacak ve adli bilimlerle irtibatlı yapay zeka yazılımlarının etik ve hukuki boyutu irdelenecektir.

Anahtar Kelimeler: Yapay zeka, derin öğrenme, adli bilimler, dijital devrim, etik

1.GİRİŞ

Yapay zekâ kavramını insanca düşünmek, insanca davranmak, rasyonel düşünmek ve rasyonel davranmak gibi farklı boyutlarla ilişkilendirmek mümkündür (Pedro vd., 2019). Yapay zekâ, insan zekasının birçok yönünü simüle etmekte ve bu sayede insanlarla etkileşimde bulunabilmekte, problemleri çözebilmekte ve kararlar alabilmektedir. Örneğin, yapay zekâ destekli sistemler, tıp alanında hastalık teşhisi yapabilir, finansal sistemlerde yatırım kararları verebilir veya kişiselleştirilmiş öneriler sunabilmektedir. Yapay zekâ günümüzde hayatımızın her alanında çok geniş bir uygulama yelpazesine sahiptir ve birçok endüstride insanların hayatını kolaylaştıran bir rol oynamaktadır.

Yapay zekada tanımlanan öğrenme, genellikle büyük verinin temsiline dayanan ve makine öğrenimi yöntemleriyle gerçekleştirilen veri odaklı bir öğrenme sürecini ifade etmektedir. Özellikle derin öğrenme, makine öğreniminin bir alt dalı olarak öne çıkmaktadır. Derin öğrenme, yapay sinir ağları gibi karmaşık yapılardan oluşan algoritmalar aracılığıyla gerçekleştirilmekte olup, yapay sinir ağları, birçok katman içeren bir yapıya sahiptir ve bu katmanlar arasında girdi ve çıktı arasındaki ilişkiyi öğrenme yeteneğine sahiptirler. Yapay sinir ağı, biyolojideki sinir sistemini taklit eden denetimli makine öğrenimi modelinin bir biçimidir (Olawoyin & Chen, 2018). Günümüzde sürücüsüz araçlar, karakter tanıma, görüntü sıkıştırma, borsa tahmini, risk analiz sistemleri, drone kontrolü, kitlelere satış tahmini, acil servis testleri, petrol ve gaz aramaları ve diğer çeşitli uygulamalar yapay sinir ağlarını kullanmaktadır (Dastres & Soori, 2021).

Yapay sinir ağları, veri tabanında bulunan örnek verileri kullanarak bir durum hakkında çıktıları tahmin etmeyi öğrenen yapılar olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu örnekler, önceden belirlenmiş girdi ve çıktı ilişkilerini içermekte ve yapay sinir ağları bu ilişkileri analiz ederek çeşitli karmaşık veri kümeleri üzerinde genelleme yapabilmektedir (Dastres & Soori, 2021). Yani, daha önce hiç karşılaşılmamış olaylar hakkında da veri tabanında bulunan örnekler üzerinden çıkarım yaparak çözümler üretebilmeleri mümkün olmaktadır (Zawacki-Richter vd., 2019). Örneğin, bir yapay sinir ağı, birçok örnekle eğitilerek, görüntülerdeki nesneleri tanımak için kullanılabilir. Bu durumu öğrenmemizi sağlayan şemalar ile açıklamak süreci daha anlaşılır hale getirecektir. Öğrenmede, şemalar, bireyin deneyimleriyle şekillenen ve nesneler, olaylar veya eylemlerle ilgili organize olmuş kavram kümeleridir. Bu kavramlar, bireyin sahip olduğu herhangi bir bilgiyi ve bu bilginin parçaları arasındaki karşılıklı ilişkileri temsil etmektedir. Örneğin, bir kişi bir köpek gördüğünde, zihninde köpeklere ilişkin şema aktive olmaktadır ve bu şema içinde köpeklerin fiziksel özellikleri, davranışları ve ilişkili olduğu diğer kavramlar yer almaktadır. Fakat zihinde köpek ilgili bir şema yok ise var olan bilgiler üzerinden bir çıkarım yapılmaktadır. Çocukların genelleme yapmaları da bu nedenden ortaya çıkmaktadır. Şemalar, bireyin deneyimleriyle şekillenen ve herhangi bir kavramın anlamını anlamasını sağlayan birbirine bağlı fikirler ve ilişkiler sistemidir. Herhangi bir kavram, diğer kavramlarla bütünleştirilerek bu kavrama anlam kazandırılır, böylece kavramın hatırlanması sağlanmaktadır (Çakıcı, 2015). Yapay sinir ağlarının öğrenmesinin de benzer bir süreç izlediğini söylemek mümkündür. Bu sinir ağı, eğitim verisi olarak birçok görüntü ve bu görüntülerdeki nesnelerin etiketlerini (örneğin, insan, balina, ağaç vb.) kullanmaktadır. Ardından, bu verilerle beslenen sinir ağı, daha önce hiç görülmemiş yeni bir görüntüdeki nesneleri özelliklerine göre tanıyabilmekte ve sınıflandırabilmektedir. Fakat unutulmamalıdır ki yapay zekâ hangi veriler

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

ile eğitildiyse size bu veriler üzerinden tanımlama, sınıflama veya çıkarım yapacaktır. Günümüzde yaygın olarak kullanılmakta olan ChatCPT 3.5'un bir üst versiyonunun çıkması ile veri ile eğitilmesi durdurulmuş olup kendisine 2023 yılına ait bir soru sorulduğunda "En son güncelleme tarihim Ocak 2022'dir. Ancak, bu tarihten sonraki gelişmeler hakkında bilgi sahibi değilim." cevabını verecektir (URL-1). Fakat yapay zekâ kullanımında bu durum genellikle göz ardı edilmektedir. Dolayısı ile chatbotlar, kullanım amacına uygun olacak şekilde güncelliklerinin teyit edilerek kullanılması oldukça önemlidir.

2. ADLİ BİLİMLERDE YAPAY ZEKA UYGULAMALARI

Son yıllarda çözümlenmesi zor olan soruşturmalarda, olayların daha hızlı ve aktif bir biçimde açığa kavuşturulabilmesi, delillerin hızlı ve doğru kimliklendirilebilmesinde yapay zeka kullanılmaya başlanmıştır. Algoritmaların da devreye sokulması sonucu adli delillerin incelenmesi ve yorumlanması başka bir seviyeye taşınmıştır (Sessa vd., 2024). Sayılan nedenler dolayısıyla yapay zeka adli tıp başta olmak üzere adli antropoloji, adli odontoloji, adli genetik, adli toksikoloji, adli balistik ve adli bilişim gibi pek çok alanda aktif bir şekilde kullanılmaktadır (Galante vd., 2023).

2.1. Adli Antropoloji ve Yapay Zeka Uygulamaları

Adli antropoloji özellikle insana ait iskelet kalıntılarının kimliklendirilmesinde kullanılan, insan kalıntısı ile kayıp kişi arasında irtibat kurmaya çalışan bilim dalıdır. İnsan kalıntısından bireyi tanımlayabilecek cinsiyet, boy, yaş, soy gibi etmenler bu bilim dalı doğrultusunda tespit edilmektedir (Navega vd., 2015). Adli antropoloji sadece insan kalıntıları ile ilgilenmez, bunun yanı sıra yaşayan bireylerin yaşlarının belirlenebilmesi, kemiklerin incelenmesi ile travmatik lezyonların var olup olmadığı gibi konularla da ilgilenmektedir (Galante vd., 2023). Yapılan bir çalışmada hastanelerde çekilmiş bilgisayarlı tomografilerden elde edilen 1000 adet üç boyutlu kafatası görüntüsü incelenmiştir. İnceleme sırasında kafataslarından cinsiyetin belirlenmesini sağlayabilecek özelliklerin belirlenebilmesi amacıyla CNN (Convolitional Neural Network -Evrişimsel Sinir Ağları) kullanılmıştır. İlgili model 50 kadın ve 50 erkek olmak üzere toplam 100 kişinin kafatası görüntüleri üzerinde test edilmiş ve sonuç olarak sadece 5 kişiye ait kafatası görüntüleri cinsiyet bakımından yanlış sınıflandırılmıştır (Bewes vd., 2019). CNN, görsel bilginin analiz edilmesinde kullanılan ve oldukça işe yarayan bir mekanizmadır. Bir diğer çalışmada ise bir Kuzey Çin'deki 133 Han yetişkininin kafatası görüntüleri supraorbital kenar ve ön kemik morfolojik özelliklerine göre dalgacık dönüşümü ve Fourier dönüşümü ile ölçülmüş, bu özellikleri gruplandırılabilmek amacıyla SVM (Support Vector Machine-Destek Vektör Makineleri) yöntemi kullanılmıştır (Yang vd., 2020). Yöntemin uygulanması sonucunda erkek cinsiyeti %90,9 ve kadın cinsiyeti ise %94,4 oranında doğru olarak tespit edilebilmiştir. Destek Vektör Makineleri (Support Vector Machine) genellikle sınıflandırma problemlerinde kullanılan gözetimli öğrenme yöntemlerinden biridir. Bir düzlem üzerine yerleştirilmiş noktaları ayırmak için bir doğru çizer. Bu doğrunun, iki sınıfının noktaları için de maksimum uzaklıkta olmasını amaçlar. Karmaşık ama küçük ve orta ölçekteki veri setleri için uygundur. Soy tespitine yönelik yapılan bir çalışmada Random Forest (Rastgele Orman) algoritması *AncesTrees* (soy tahmini yapan bir bilgisayar programı) isimli program ile karar ağaçları kullanılarak 32'si Afrika kökenli ve 96'sı Avrupa kökenli olmak üzere 128

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

yetişkin kafatası kullanılarak bireyler soylarına göre %93,8'i doğru şekilde sınıflandırılmıştır (Navega vd., 2015).

2.2. Adli Odontoloji ve Yapay Zeka Uygulamaları

Adli odontoloji (adli diş hekimliği), dişlerin kimlik tespitinde kullanılmasını içeren bir bilim dalıdır. Bu bilim dalının yapay zeka ile birlikte kullanılması sonucu yaş, cinsiyet gibi kişinin kimliklendirilmesinde yardımcı olabilecek veriler tahmin edilebilmektedir. Özellikle ısırık izlerinden kimliklendirme aşaması da bu bilim dalının sayesinde gerçekleşmektedir. Yapılan bir çalışmada Demirjian yöntemi kullanılarak dişlerden yaş tahmini gerçekleştirilmeye çalışılmıştır. Alt üçüncü molar gelişimini aşamalandırmak için *DCNN'ler* kullanılmış ve 400 kişinin panoramik röntgen görüntüleri incelenmiştir. Sonuç olarak kullanılan program sayesinde dişlerin ait olduğu aşamalar %51 oranında doğru şekilde tanımlanabilmiştir (De Tobel vd., 2017). Panaromik Röntgen - OPG (Orthopantomogram): Tüm dişlerin ve çene kemiğinin daha az ışın alarak birlikte görüntülendiği bir tomografik röntgen çeşididir. Yapılan bir diğer çalışmada ise kronolojik yaşı panoramik röntgen görüntüsünden tahmin edebilmek amacıyla iki farklı yöntem kullanılmıştır (Vila-Blanco vd., 2020). Bu yöntemler DANet ve DASNet'tir. DANet, yaşı tahmin etmek için sıralı bir Evrişimli Sinir Ağı (CNN) yolundan oluşurken, DASNet, cinsiyeti tahmin etmek için ikinci bir CNN yolu ekler ve yaş tahminini iyileştirmek amacıyla cinsiyete özgü özellikleri kullanır. Çalışmada yaşları 4,5 ila 89,2 arasında değişen 2289 OPG görüntüsünden oluşan bir set kullanıldı. Sonuçlar, DASNet'in her açıdan DANet'ten daha iyi performans gösterdiğini ortaya koymuştur.

2.3. Adli Patoloji ve Yapay Zeka Uygulamaları

Adli patolojide CNN modelleri kullanılarak ölüm nedeni ve zamanının belirlenebilmesi için çeşitli çalışmalar yapılmıştır. Yapılan bir çalışmada yapay zeka ile diatomların otomatik tanımlanması sağlanmıştır (Zhou vd., 2020). Bunun için suda bulunan 10 kişinin cesedi üzerinden toplanan diatomlar önce nitrik asitle muamele edilmiş ve ardından ilgili yaymalar bir slayt tarayıcı kullanılarak dijital bir biçimde taranmıştır. Ardından yapay zeka kullanılarak otomatik diatom tanımlama sistemi ile hem kalitatif hem kantitatif tanımlama yapılabilmiştir. Böylece günlük hayattaki adli vakalarda diatomların teşhisinde yardımcı bir araç geliştirilmiştir. Yapılan bir diğer çalışmada ise morlukların yaşının yapay zeka aracılığıyla belirlenebilmesi üzerinde durulmuştur (Georgieva vd., 2005). Herhangi bir travma sonucu oluşan ekimozlar birtakım renk değişimleri yaratır; başlangıçta kırmızımsı, sonra mor-mavi, üçüncü günde yeşilimsi olur, 4-5 gün sonra ise kahverengiye döner ve daha sonra sararır ve 10-14 gün içinde kaybolur. Adli tıpta morlukların yaşı makroskobik olarak değerlendirilir. Yapay zeka kullanımı ile morluk renklerinin tespiti, insan faktörüne göre çok daha objektif sonuçlar sunmaktadır.

2.4. Adli Balistik ve Yapay Zeka Uygulamaları

Silahlar ateşlendiği andan itibaren gerek kapsül üzerinde bulunan ateşleme iğnesi izi gerek kovanın dışarı atılmasını sağlayan çıkarıcının kovan üzerinde bıraktığı iz gerek mermi çekirdeğinin namlu içerisinde ilerlerken namluda bulunan yiv-set izlerinin çekirdek üzerinde

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

bıraktığı izler silaha aittir ve karakteristiktir. Bu nedenle kullanılan yazılım ve programlar da izlerin görüntü işleme yoluyla bir veri tabanında karşılaştırılmasını sağlar (Bobbili vd., 2023).

2.5. Adli Toksikoloji ve Yapay Zeka Uygulamaları

Adli toksikolojide yapay zeka, toksik maddeleri, ilaçları ve farklı metabolitleri tanımlamak için milyonlarca veri ile bağlantılar oluşturma amacıyla kullanılmaktadır. Yapay zeka aracılığıyla otomatik toksikolojik analiz, 2020 yılına kadar Chemical Abstract Service (CAS) veri tabanında bulunan 160 milyondan fazla organik ve inorganik maddeye ulaşan nicel ve nitel tanımlamaya izin vermiştir (Gasteiger, 2020).

2.6. Adli Genetik ve Yapay Zeka Uygulamaları

Kişilerin DNA profillerinin adli bir vakada tanımlanabilmesi için kullanılan biyobelirteçler büyük miktarda veri gerektirmektedir (Liu&Harbison, 2018). Bunun yanı sıra adli genetikte kullanılan pek çok veri kompleks bir yaklaşım gerektirir, bu nedenle manuel bir proses zaman almanın yanında hata yapma olasılığını da artırır (Benschop vd., 2019). Dolayısıyla adli genetikte yapay zekanın kullanılması, bu alanda fayda sağlayabilmektedir (Duke&Myers, 2020). Adli genetik laboratuvarlarında kısa ardışık tekrar dizilerinin (STR) yorumlanmasında kullanılan yapay zeka destekli yazılımlardan biri de *STRmix*™ yazılımıdır. Bu yazılım, bir profilin olasılığını hesaplayabilmek için elektroforegramda bulunan pik yükseklikleri gibi verileri kullanır. *STRmix*™ karmaşık DNA sonuçlarını hızlı bir biçimde yorumlar ve daha önce çözülemeyen karışık DNA profillerini de çözebilmektedir. Bunun için de biyolojik modellemeyi ve matematiksel süreçleri kullanır. DNA sonuçları hızlı yorumlanır, farklı identifikasyon kitlerinden gelen DNA profilleri aynı yorumda birleştirilebilir, DNA profilleri şüpheli/referans örneklerle karşılaştırılır ve bir olasılık oranı (LR) hesaplanır, katkıda bulunanların sayısında herhangi bir kısıtlama olmaksızın daha önce çözülemeyen karmaşık miks DNA profilleri çözümlenebilir, DNA profilindeki bilgilerin daha fazlasını kullanılarak her türlü modellemeler yapılabilir, miks DNA profilleri bir veritabanına karşı kıyaslanabilir. Yazılım sayesinde zamandan tasarruf sağlanır ve insan hatası en aza indirilir. STRmix™'in yanı sıra yapay zeka destekli TrueAllele™, EuroForMix™ ve MaSTR™ yazılımları da kullanılmaktadır. DNA analizi sonucunda elde edilen elektroforegramların yorumlanması manuel olarak yapılması işlemi zaman alıcıdır ve insan hatasına karşı da oldukça savunmasızdır. Bu nedenle elektroforegramlar için bir analitik eşik belirlenir veya iki farklı uzmanın elektroforegramı birbirinden bağımsız bir biçimde okuması işlemi gerçekleştirilir. Bu çift aşamalı işlemler yerine *Genemapper* ve *OSIRIS* gibi elektroforegram okuma yazılımları ile artefaktlar otomatik olarak kaldırılabilmektedir (Taylor&Powers, 2016). Adli genetikte DNA metilasyonuna ilişkin yapay zekanın kullanıldığı çalışmalar da bulunmaktadır. Yapılan bir çalışmada pirosekanslama ile DNA metilasyonuna dayalı üç lokus kullanılarak 333 kan örneği için hem regresyon hem de yapay sinir ağları kullanılarak etnik köken ile cinsiyetin yaş tahmini üzerindeki etkisi değerlendirilmiştir (Thong vd., 2021). Ardından kullanılan DNA miktarını azaltmak için tek lokus tabanlı bir model geliştirilmiş ve geliştirilen bu modelin regresyon modelinden daha yüksek yaş tahmini doğruluğuna sahip olduğu tespit edilmiştir. Adli

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

laboratuvarlarda DNA ekstraksiyonu aşamasını otomatik bir biçimde yapan robotlar da bulunmaktadır (Galante vd., 2023). Örneğin Qiagen'e ait olan EZ1 sistemi, manyetik boncuk teknolojisini kullanır ve böylece daha fazla saflaştırma veya konsantrasyon adımı gerektirmeden etkili bir şekilde zaman tasarrufu sağlar. Adli genetikte bazı biyolojik numunelerin tespiti, olayın çözümünde kilit noktadır. Özellikle spermin tespiti, bir cinsel saldırı vakasını kanıtlayabilmektedir (Golomingi vd., 2022). Normal koşullarda sperm taşıyabileceği düşünülen materyal bir cam slayta aktarıldıktan sonra bir optik mikroskop kullanılarak manuel olarak taranır. Ancak bu işlem oldukça zaman alıcıdır, bunun yerine VGG19 ağı tarafından eğitilen evrişimli sinir ağları mikroskop görüntüleri üzerinde spermin yerini tespit ederek tarama süresini azaltabilir.

3. GENEL DEĞERLENDİRME VE SONUÇLAR

Delillerin işlenmesinde ve kimliklendirilmesinde kullanılan analiz yöntemleri, ülkelerin bu incelemeler üzerindeki hukuki tutumları farklılık gösterse de yapay zekâ kullanarak delilleri analiz edip profillendirmek konusunda ortak kaygılar mevcuttur. Yapay zekâ yazılımları ile ilgili etik ikilemde kalınmasının başlıca sebeplerinden biri verinin kanuna uygun elde edilip edilmediği ve bu verinin işlenip işlenemeyeceğidir. Kullanılan yapay zeka metotlarının tekrar edilebilir olup olmaması, yeni kullanılmaya başlanması ve kullanılan proseslerin valide olup olmaması yargı sisteminde yapay zeka destekli metotların kullanımının etik açıdan uygun olup olmadığına dair en büyük tartışma konularındandır. Frye standardı gereği yeni metodolojilerin kullanılmadan önce geniş bir çapta kabul görmesi gerekmektedir. Temel haklara saygı ilkesi, ayrımcılık yapmama ilkesi, kalite ve güvenlik ilkesi, şeffaflık, tarafsızlık ve adalet ilkesi ile kullanıcı kontrolü altında olması ilkesi Avrupa Konseyi Adaletin Etkinliği Komisyonunun yargı sistemlerinde yapay zekâ uygulamaları için belirlediği beş etik ilkedir. Kullanılan yapay zeka destekli metotların bu temel ilkeler açısından değerlendirilmeleri gerekmektedir. Yapay zekânın ülkemizde de kullanımı söz konusu olduğundan etik problemler ile karşılaşılması söz konusudur. Özellikle genetik incelemelerin yapıldığı delillerden elde edilen verilerin (şüpheli/suçlu/mağdura ait DNA profillerinin) karşılaştırılabileceği herhangi bir DNA veri tabanı ülkemizde bulunmamaktadır. Dolayısıyla Türk hukuk sistemi açısından yapay zekânın DNA profillerin yorumlanmasında kullanılabilmesi için öncelikle DNA veri bankaları konusunda kanuni düzenlemeye gidilmesi gerekmektedir.

KAYNAKÇA

Benschop, C. C., Hoogenboom, J., Hovers, P., Slagter, M., Kruise, D., Parag, R., ... & Kneppers, A. L. (2019). DNAxs/DNAStatistX: Development and validation of a software suite for the data management and probabilistic interpretation of DNA profiles. *Forensic Science International: Genetics*, *42*, 81-89.

Bewes, J., Low, A., Morphett, A., Pate, F. D., & Henneberg, M. (2019). Artificial intelligence for sex determination of skeletal remains: Application of a deep learning artificial neural network to human skulls. *Journal of forensic and legal medicine*, *62*, 40-43.

Bobbili, R., Ramakrishna, B., & Madhu, V. (2023). An artificial intelligence model for ballistic performance of thin plates. *Mechanics Based Design of Structures and Machines*, *51*(1), 327-338.

Çakıcı, D. (2011). Şema Kuramının Okuduğunu Anlama Sürecindeki Rolü. Dumlupınar Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi, (30), 77-86.

Dastres, R., & Soori, M. (2021). Artificial neural network systems. International Journal of Imaging and Robotics (IJIR), 21(2), 13-25.

De Tobel, J., Radesh, P., Vandermeulen, D., & Thevissen, P. W. (2017). An automated technique to stage lower third molar development on panoramic radiographs for age estimation: a pilot study. *The Journal of forensic odonto-stomatology*, *35*(2), 42.

Duke, K. R., & Myers, S. P. (2020). Systematic evaluation of STRmix™ performance on degraded DNA profile data. *Forensic Science International: Genetics*, *44*, 102174.

Galante, N., Cotroneo, R., Furci, D., Lodetti, G., & Casali, M. B. (2023). Applications of artificial intelligence in forensic sciences: C urrent potential benefits, limitations and perspectives. *International journal of legal medicine*, *137*(2), 445-458.

Gasteiger, J. (2020). Chemistry in times of artificial intelligence. *ChemPhysChem*, *21*(20), 2233-2242.

Georgieva, L., Dimitrova, T., & Stoyanov, I. (2005, June). Computer-aided system for the bruise color's recognition. In *International Conference on Computer Systems and Technologies-CompSysTech'2005. Available from: http://ecet. ecs. ru. acad. bg/cst05/Docs/cp/SIII/IIIA. 23. pdf (Cited 22 June 2012)*.

Golomingi, R., Haas, C., Dobay, A., Kottner, S., & Ebert, L. (2022). Sperm hunting on optical microscope slides for forensic analysis with deep convolutional networks–a feasibility study. *Forensic Science International: Genetics*, *56*, 102602.Liu, Y. Y., & Harbison, S. (2018). A review of bioinformatic methods for forensic DNA analyses. *Forensic Science International: Genetics*, *33*, 117-128.

Navega, D., Coelho, C., Vicente, R., Ferreira, M. T., Wasterlain, S., & Cunha, E. (2015). AncesTrees: ancestry estimation with randomized decision trees. *International journal of legal medicine*, *129*, 1145-1153.

Pedro, F., Subosa, M., Rivas, A., & Valverde, P. (2019). Artificial intelligence in education: Challenges and opportunities for sustainable development. 1-48. *United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization*, 7.

Sessa, F., Esposito, M., Cocimano, G., Sablone, S., Karaboue, M. A. A., Chisari, M., ... & Salerno, M. (2024). Artificial intelligence and forensic genetics: current applications and future perspectives. *Applied Sciences*, *14*(5), 2113.

Taylor, D., & Powers, D. (2016). Teaching artificial intelligence to read electropherograms. *Forensic Science International: Genetics*, *25*, 10-18.

Thong, Z., Tan, J. Y. Y., Loo, E. S., Phua, Y. W., Chan, X. L. S., & Syn, C. K. C. (2021). Artificial neural network, predictor variables and sensitivity threshold for DNA methylation-based age prediction using blood samples. *Scientific reports*, *11*(1), 1744.

URL-1: https://chat.openai.com (E.T.: 17.03.2024)

Vila-Blanco, N., Carreira, M. J., Varas-Quintana, P., Balsa-Castro, C., & Tomas, I. (2020). Deep neural networks for chronological age estimation from OPG images. *IEEE transactions on medical imaging*, *39*(7), 2374-2384.

Yang, W., Zhou, M., Zhang, P., Geng, G., Liu, X., & Zhang, H. (2020). Skull sex estimation based on wavelet transform and Fourier transform. *BioMed Research International*, *2020*(1), 8608209.

Zawacki-Richter, O., Marín, V. I., Bond, M., & Gouverneur, F. (2019). Systematic review of research on artificial intelligence applications in higher education–where are the educators?. International Journal of Educational Technology in Higher Education, 16(1), 1-27.

Zhou, Y. Y., Cao, Y. J., Yang, Y., Wang, Y. L., Deng, K. F., Ma, K. J., ... & Chen, L. Q. (2020). Application of artificial intelligence automatic diatom identification system in practical cases. Journal of Forensic Medicine, 36(2), 239.

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

MAŞ FASULYESİNİN [*Vigna radiata* (L.) Wilczek] BİTKİSEL ÜRETİMDE VE İNSAN BESLENMESİNDEKİ ÖNEMİ

Arş. Gör. Mehmet BEDİR
Sivas Bilim ve Teknoloji Üniversitesi,
mbedir@sivas.edu.tr - 0000-0001-9487-3037

Arş. Gör. Meliha Feryal SARIKAYA
Sivas Bilim ve Teknoloji Üniversitesi
fsarikaya@sivas.edu.tr - 0000-0001-7277-1128

Doç. Dr. Muhammad Azhar NADEEM
Sivas Bilim ve Teknoloji Üniversitesi
manadeem@sivas.edu.tr - 0000-0002-0637-9619

ÖZET

Kurak alanlarda, şiddetli su kıtlığı ve tuzluluk nedeniyle bitkisel üretimde önemli verim kayıpları görülmekte ve bu durum gıda üretimini olumsuz etkilemektedir. Bir baklagil bitkisi olan maş fasulyesi [*Vigna radiata* (L.) Wilczek], kurak koşullara dayanabilen, atmosferik azotu sabitleyerek toprağın biyolojik, kimyasal ve fiziksel özelliklerini iyileştirebilen bir bitkidir. Diğer taraftan yetiştirilme süresinin kısa olması, bitkiyi üretim sistemleri içerinde önemli hale getirmektedir. İnsan beslenmesinde çok fonksiyonlu, protein içeriği yüksek, vitamin ve mineral bakımından zengin bir gıda kaynağıdır. Hasat edildikten sonra geriye kalan artıkları yem veya yeşil gübre olarak kullanılmakta dolayısıyla üretici açısından çok amaçlı bir ürün olarak bitkisel üretim sistemlerinde yerini almaktadır. Bu inceleme, maş fasulyesinin bitkisel özelliği, yetiştiriciliği, besin değerleri ve kullanım alanları ile ilgili literatürü inceleyerek bitkinin önemini vurgulamayı amaçlamıştır.

Anahtar Kelimeler: Baklagiller, *Vigna radiata*, Beslenme, Bitkisel üretim, İnsan sağlığı

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

GİRİŞ

Maş fasulyesi, baklagiller familyası (*Fabaceae*), *Vigna* Savi. cinsindeki *Ceratotropis* alt cinsine aittir. Asya ve Afrika'da geniş bir dağılım gösteren *Vigna* cinsi, yaklaşık yüz türe sahip yedi alt cins ve 19 bölümden oluşmaktadır. Bunlardan yedi tür dünya çapında yaygın olarak yetiştirilmektedir (She ve ark., 2015). İki tür Afrika kökenli (*Vigna unguiculata* L. ve *Vigna subterranea* L.) ve diğer beş tür Asya kökenlidir (*Vigna radiata* L., *Vigna mungo* L., *Vigna aconitifolia* Jacq., *Vigna angularis* Willd. ve *Vigna* angularis Willd. ve *Vigna* umbellata) (Vavilov, 1926). *Vigna radiata* türünün ise dört alt türü mevcuttur: *Vigna radiata* subsp. *radiata*, *Vigna radiata* subsp. *sublobata* (L.) R. Wilczek, *Vigna radiata* var. *radiata* (L.) R. Wilczek ve *Vigna radiata* var. *setulosa* (Dalzell) Ohwi & H. Ohashi (Gayacharan ve ark., 2020).

Kültüre alınmış maş fasulyesi varyasyonu ve arkeolojik çalışmalara bakılarak maş fasulyesinin yaklaşık olarak 3500 yıl önce kültüre alındığı ve anavatanının Hindistan olduğu düşünülmektedir (Soehendi ve ark., 2021). Yapılan çalışmalarda maş fasulyesinin *Vigna radiata*.var.*sublobata* ve *Vigna radiata*.var.*radiata'*nın bir melezi olduğunu göstermiştir (Obasi ve ark., 2024).

Maş fasulyesi üretimi dünya genelinde yaklaşık olarak 7.3 milyon ha olup bu alandan Hindistan, Myanmar, Çin ve Endonezya başta olmak üzere yaklaşık olarak 5.3 milyon ton verim alınmaktadır (Nair ve Schreinemachers, 2020). Ülkemizde maş fasulyesi, genellikle yerel popülasyonların yöresel ihtiyaçları karşılamak amacıyla Akdeniz ve Güneydoğu bölgelerinde yetiştiriciliği yapılmaktadır (Karaman, 2019).

BİTKİSEL ÖZELLİĞİ

Maş fasulyesi, çoğunlukla tahıllarla ekim nöbeti programlarına dahil edilen bir sıcak mevsim baklagilidir. Maş fasulyesi bitkileri, bitkinin tepesine yakın kümeler halinde bakla taşıyan dalları ile dik bir yapıya sahiptir. Geniş bir adaptasyon yeteneğine sahip ve her türlü toprakta yaygın olarak yetiştirilebilen maş fasulyesi baklaları 8-15 tohum tanesi içermektedir. Tüysüz, doğrusal-silindirik şekilde 12 cm'ye kadar boylanabilen maş fasulyesi baklaları yeşil, sarı ve kahverengi renklerinde olabilmektedir. Taneler yeşil veya kahverengi renkli olup küre şeklindedir. Yaprakları almaşık ve üç yaprakcıklı olup soluk yeşil, çiçekleri ise yeşilimsi sarı ile soluk sarı rengindedir. Ürünün başlıca avantajları; bir baklagil olarak azotlu gübreleme gerektirmemesi, kısa bir büyüme döngüsüne (75-90 gün) sahip olması, az su gereksinimi olması ve tahıllarla birlikte ekim nöbetine kolayca uyum sağlamasıdır (Lim, 2012; Dahiya ve ark., 2015).

BİTKİSEL ÜRETİMİ

Çiçeklenmeden bakla dolumuna kadar yeterli suyun verilmesi iyi bir verim elde etmek için gereklidir. Yetiştirme sezonu sonundaki yüksek nem ve aşırı yağışların, bitkisel hastalıklara ve olgunlaşmanın gecikmesine neden olabilmesinden ötürü hasat kayıplarına sebebiyet verebilmektedir. Maş fasulyesi iyi drenaja sahip, 6.2-7.2 pH değerinde, tınlı, kumlu tınlı bünyeye sahip toprakları tercih etmektedir. Diğer baklagillere benzer şekilde fosfor, potasyum, kalsiyum, magnezyum ve kükürt gereksinimlerine sahiptir ve toprakta bu elementlerin eksikliğinde gübreleme işlemi gerekmektedir. Diğer bir tüketim alanı olan maş fasulyesi

filizlerinin üretiminde hasat ve depolama sistemlerinin çimlenmeyi engellemeyecek yeterlilikte olması ve tohumlara fungisit, insektisit veya bakterisit uygulamalarının yapılmaması gerekmektedir. Ekim işlemi toprak hazırlığı iyi yapılmış, yeterli toprak nemine sahip, derinliği 3-5 cm olacak şekilde ve 15 Mayıs – 6 Haziran tarihleri arasında gerçekleştirilmelidir. Ekim sıklığı kuru tarım yapılan alanlarda 20-30 bitki/m^2, sulu tarım yapılan alanlarda ise 30-40 bitki/m^2 olmalıdır. Kullanılacak olan tohumluk miktarı çeşit ve yetiştirme koşullarına bağlı olarak 10.000 ila 20.000 adet arasında değişkenlik göstermektedir. Maş fasulyesi, diğer fasulye türlerine benzer oranlarda fosfor, potasyum ve bazı mikro besin maddelerine ihtiyaç duyar. Uygun *Rhizobium* bakteri aşılaması yapılmış ise azotlu gübreleme ihtiyacı yoktur. Maş fasulyesinin yabancı otlarla rekabetinin soya fasulyesine nazaran daha düşük olması ve kayıtlı herbisit sayısının daha az olması sebebiyle yabancı otlarla mücadelesi daha zordur. Kimyasal ve çiçeklenme başlangıcına kadar mekanik olarak yabancı otlarla mücadelesi yapılmaktadır. Maş fasulyesinde bakla olgunluğunun eş zamanlı olmaması sebebiyle hasat zamanını tayin etmekte zorluklar yaşanmaktadır. Genel olarak olgunlaşan bakla sayısının %50-70 seviyelerine geldiğinde hasat işleminin gerçekleştirilmesi önerilmektedir. Kullanılan çeşit ve çevre faktörlerine bağlı olarak 33-224 kg/da arasında tane verimi elde edilmekle birlikte ikinci ürün olarak yapılan üretimlerde verim düşmektedir (Oplinger, 1990; Anonim, 2024b; Baydemir, 20213).

BESİN DEĞERLERİ

Baklagillerin, gelişmekte olan ülkelerde iyi ve nispeten ucuz bir protein ve karbonhidrat kaynağı olmasının yanı sıra iyi bir mineral kaynağı olduğu da bildirilmektedir (Meiners ve ark. 1976). Maş fasulyesine ait protein, karbonhidrat, yağ, su, kül ve toplam şeker miktarına ait oranlar Tablo 1.'de verilmiştir. Maş fasulyesi protein, aminoasit ve özellikle de lizin açısından zengin bir kaynaktır ve bu nedenle tahıl bazlı diyetlerin yanı sıra fonksiyonel gıda takviyesi olarak da kullanılmaktadır. Aynı zamanda iyi bir tiamin, niasin, B6 vitamini, pantotenik asit, magnezyum, demir, fosfor ve potasyum, C vitamini, riboflavin, folat, K vitamini, bakır ve manganez kaynağıdır. Doymuş yağ ve sodyum oranı düşük olmakla birlikte kolesterol miktarı oldukça azdır (Van Horn ve Ernst, 2001). Maş fasulyesine ait kalsiyum, magnezyum, fosfor, potasyum, sodyum, demir, bakır, çinko ve manganez elementlerinin miktarı Tablo 2.'de gösterilmiştir.

Tablo 1. Maş Fasulyesini Bazı Biyokimyasal Kompozisyonu

Bileşik	**Miktar (%100)**
Protein	23.9
Karbonhidrat	62.6
Yağ	1.15
Su	9.05
Kül	3.32
Toplam Şeker	6.6

Kaynak: Anonim, 2024a.

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

Tablo 2. Maş Fasulyesinin Element Kompozisyonu

Element	Miktar (mg/100 gr)
Kalsiyum	132
Magnezyum	189
Fosfor	367
Potasyum	1250
Sodyum	15
Demir	6.74
Bakır	0.941
Çinko	2.68
Manganez	1.04

Kaynak: Anonim, 2024a.

KULLANIM ALANLARI

Dünya çapında pek çok sağlık kuruluşu, kronik hastalıkların önlenmesi ve genel insan sağlığının iyileştirilmesi için bitki bazlı gıda alımının artırılmasını önermektedir. Bu duruma bağlı olarak sağlık programlarına çeşitli bitki bazlı fonksiyonel gıdalar dahil edilmiştir (Espin ve ark., 2007). Sağlık açısından faydalar sergileyen bu tür ürünlerden biri, kısa bir büyüme döngüsüne (70-90 gün) sahip bir yaz baklagili olan maş fasulyesidir [*Vigna radiata* (L.)]. Pek çok Asya ülkesinde, ayrıca Güney Avrupa'nın bazı bölgelerinde ve Kanada ile Amerika Birleşik Devletleri'nin nispeten daha sıcak bölgelerinde yaygın olarak yetiştirilen bir bitkidir. Önemli bir bitki bazlı gıda kaynağı olan maş fasulyesi (Del Rosario ve ark., 1981), detoksifikasyon biyoaktiviteleriyle iyi bilinmektedir. Ek olarak, insanın zihinsel işlevinin geliştirilmesinden sıcak çarpmasının hafifletilmesine kadar çok sayıda başka durumun tedavisinde de kullanılmıştır (Tang ve ark., 2014).

Maş fasulyesi, et tüketiminin yetersiz olduğu yerlerde insanlar için paha biçilmez bir sindirilebilir protein kaynağı sağlar. Olgunlaşmamış baklalar taze şekilde pişirilerek tüketilebildiği gibi un, çorba, yulaf lapası, atıştırmalıklar, ekmek, erişte ve dondurma haline getirilerek te tüketilmektedir (Mogotsi, 2006). Maş fasulyesi (*Vigna radiata*) filizi, unu veya tanesi insan beslenmesinde besleyici bir gıda olarak yaygın bir şekilde tüketilmektedir (Adsule ve ark., 1986). Çin'de, 1050'lerden beri ateş düşürmek ve vücudu detoksifiye etmek amacıyla şifalı bir bitki olarak da kullanılmaktadır (Zhu ve ark., 2012). Son çalışmalar vitexin ve isovitexin gibi maş fasulyesi ekstraktının patojenik ısı ve oksidatif stresleri hafifletebileceğini ortaya koymuştur (Cao ve ark., 2011; Chung ve ark., 2011). Filipinler'de maş fasulyesi, polinöropati hastalığı için koruyucu veya iyileştirici potansiyelleri nedeniyle çiğ veya lapa halinde pişirilerek kullanılır. Sıcak yaz aylarında serinlemek amacıyla her gün bir kase soğuk tatlı maş fasulyesi çorbası içmek bir Çin alışkanlığıdır. Geleneksel Çin tıbbına göre, çorba veya congee olarak yenen küçük yeşil maş fasulyesi (lu dou) toksinleri dışarı atabilir. Maş fasulyesi soğuk tüketildiğinde vücut ısısının düşürülmesine, toksinlerin temizlenmesine, idrara çıkmanın teşvik edilmesine ve deride oluşan küçük kızarıklıkların giderilmesine yardımcı olur. Kaşıntılı

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

deri döküntülerini hafifletirken, mide ve karaciğeri detoksifiye edip güçlendirerek vücudu desteklemektedir (Kitikar ve Basu, 1985; Shahrajabian ve ark., 2019). Maş fasulyesi Hindistan'da dhal, atıştırmalık, tatlı ve tuzlu olmak üzere farklı gıda ürünlerinin hazırlanmasında kullanılmaktadır. Farklı maş fasulyesi ürünlerinin tüketim sıklığı çok yüksektir (Kumar ve ark., 2014).

SONUÇ

Maş fasulyesi, yüksek oranda protein ve aminoasit içeren diğer protein kaynaklarına nazaran daha hesaplı olmasının yanında, dengeli ve besleyici değerlere sahip, sindirim oranı yüksek, depolamaya elverişli ve baklagillere kıyasla toprak işleme ihtiyacı daha az olan bir baklagildir. Maş fasulyesi kaliteli bir protein kaynağı olmasının yanı sıra detoksifiye etkisine sahip olması, soğuk tüketiminde vücut ısısının düşürülmesi, idrara çıkmaya teşvik etmesi ve deride meydana gelen kızarıklıkların giderilmesi gibi etkilere sahip olması nedeniyle insan sağlığı bakımından çok fonksiyonlu bir besindir. İnsan sağlığına belirgin faydalar sağlayan maş fasulyesinin üretim yapıldığı bölgelerde münavebe sistemlerine dahil edilmesi gerekmektedir. Ayrıca maş fasulyesinin klasik ve biyoteknolojik ıslah yöntemleriyle iyileştirilmesi, gelecek nesillere verimli ve kaliteli protein kaynakları sunulması açısından önemlidir.

KAYNAKLAR

Adsule R.N., Kadam S.S., Salunkhe D.K., Luh B.S., 1986. Chemistry and technology of green gram (Vigna radiata (L.) Wilczek). Critical Reviews in Food Science and Nutrition, 25(1): 73-105, doi: 10.1080/10408398609527446.

Anonim, 2024a. https://fdc.nal.usda.gov/fdc-app.html#/food-details/174256/nutrients (09/07/2024).

Anonim, 2024b. https://www.extension.iastate.edu/alternativeag/mungbean (18/07/2024).

Baydemir, F.,2013. Farklı Sıra Aralığı Ve Fosfor Dozlarının MaĢ Fasulyesi 'nde [VignaRadiata(L.) Wilczek]Verim Ve Bazı Verim Unsurları Üzerine Etkisi. Selçuk Üniv. Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarla Bitkileri Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi 65 s.

Cao D., Li H., Yi J., Zhang J. Che H., Cao J., Yang L., Zhu C., Jiang W., 2011. Antioxidant properties of the mung bean flavonoids on alleviating heat stress. PLoS ONE, 6(6), Article ID e21071, doi: 10.1371/journal.pone.0021071.

Chung I.M., Yeo M.A., Kim S.J., Moon H.I., 2011. Protective effects of organic solvent fractions from the seeds of Vigna radiata L. wilczek against antioxidant mechanisms. Human and Experimental Toxicology, 30(8): 904-909, doi: 10.1177/0960327110382565.

Dahiya, P. K., Linnemann, A. R., Van Boekel, M. A. J. S., Khetarpaul, N., Grewal, R. B., & Nout, M. J. R. (2015). Mung bean: Technological and nutritional potential. *Critical reviews in food science and nutrition*, *55*(5), 670-688.

Del Rosario RR, Flores DM. Functional properties of four types of mung bean flour. J Sci Food Agr 1981; 32(2): 175–80. doi: 10.1002/jsfa.2740320213.

Espin JC, Garcia-Conesa MT, Tomas-Barberan FA. Nutraceuticals: facts and fiction. Phytochemistry 2007; 68(22–24): 2986–3008. doi: 10.1016/j.phytochem.2007.09.014. PubMed PMID: 17976666.

Gayacharan, Archak, S., Gupta, K., Gupta, V., Tyagi, V., & Singh, K. (2020). Mungbean genetic resources and utilization. *The mungbean genome*, 9-25.

K.R. Kirtikar, B.D. Basu, Indian Medicinal Plants, 2 ed., Lalit Mohan Basu, Allahabad, India, 1985.

Karaman R (2019) Maş Fasulyesi (Vigna radiata Wilczek) Genotiplerinin/Yerel Populasyonlarının Isparta Koşullarında Fenolojik, Morfolojik, Agronomik ve Bazı Teknolojik Özellikler Yönünden Karakterizasyonu. Doktora tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bil. Ens., Tarla Bitkileri, 226 s.

Kumar Dahiya, P., Nout, M. J. R., A. van Boekel, M., Khetarpaul, N., Bala Grewal, R., & Linnemann, A. (2014). Nutritional characteristics of mung bean foods. *British Food Journal*, *116*(6), 1031-1046.

Lim, T.K. 2012. Edible medicinal and non-medicinal plants Fruits, Vol. 2, Springer, Dordrecht Heidelberg London New York, pp. 966–967

Meiners, C. R., N. L. Derise, H. C. Lau, M. G. Crews, S. J. Ritchey, E. W. Murphy.1976. The content of nine mineral elements in raw and cooked mature drylegumes. Journal of Agricultural and Food Chemistry 24:1126–30.

Mogotsi, K. K., 2006. *Vigna radiata* (L.) R. Wilczek. In: Brink, M. & Belay, G. (Editors). PROTA 1: Cereals and pulses/Céréales et légumes secs. [CD-Rom]. PROTA, Wageningen, Netherlands.

Nair R, Schreinemachers P (2020) Global status and economic importance of mungbean. In The mungbean genome (pp. 1-8). Springer, Cham.

Obasi, C.C., Obasi, S.N., Ngwuta, A.A., Oforo, K., Obidiebube, A.E., Okolie, H., Asante, L., Eleblu, J., Adjei, E.A. (2024). ADVANCING MUNGBEAN CULTIVATION AND NUTRITION: INSIGHTS FROM GENETIC STUDIES AND BREEDING PROGRESS. Sustainability in Food and Agriculture (SFNA) 5(1) 12-18.

Oplinger, E. S., Hardman, L.L., Kaminski, A.R., Combs, S.M., Doll, J.D., 1990. Mungbean.

Shahrajabian, M.H., Sun, W. i Cheng, Q. 2019. A short review of health benefits and nutritional values of mung bean in sustainable agriculture. *Polish Journal of Agronomy*. 37, 37 (cze. 2019), 31–36. DOI:https://doi.org/10.26114/pja.iung.381.2019.37.05.

She CW, Jiang XH, Ou LJ, Lui J, Long KL, Zhang LH, Duan WT, Zhao W, Hu JC (2015) Molecular cytogenetic characterization and phylogenetic analysis of the seven cultivated Vigna species (Fabaceae). Plant Biol 17:268–280

Soehendi, R., T Hapsari, R., Nugrahaeni, N., Haksiwi, P., & J Mejaya, M. (2021). Agronomic Characteristics and Seed Yield of Indonesian Mungbean (Vigna radiata) Genetic Resources. *Annual Research & Review in Biology*, *36*(10), 9-21.

Tang D, Dong Y, Ren H, Li L, He C, et al. A review of phytochemistry, metabolite changes, and medicinal uses of the common food mung bean and its sprouts (Vigna radiata). Chem Central J 2014; 8: 4. doi: 10.1186/1752-153x-8-4. PubMed PMID: WOS:000334627400001.

Van Horn L, Ernst N. A summary of the science supporting the new National Cholesterol Education Program dietary recommendations: What dietitians should know. J Am Diet Assoc. 2001, 1148-1154.

Vavilov NI (1926) Studies on the origin of cultivated plants. Bull Appl Botany Genet Plant Breed (Leningrad) 16:1–248 (In Russian English summary pp 139–248)

Zhu S., Li W., Li J., Jundoria A., Sama A.E., Wang H., 2012. It is not just folkore; the aqueous extract of mung bean coat is protective against sepsis. Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine, Hindawi Publishing Corporation, Article ID, 498467, 10 pages, doi: 10.1155/2012/498467.

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

MAŞ FASULYESİNİN [*Vigna radiata* (L.) Wilczek] BİTKİSEL ÜRETİMDE VE İNSAN BESLENMESİNDEKİ ÖNEMİ

Arş. Gör. Mehmet BEDİR
Sivas Bilim ve Teknoloji Üniversitesi,
mbedir@sivas.edu.tr - 0000-0001-9487-3037

Arş. Gör. Meliha Feryal SARIKAYA
Sivas Bilim ve Teknoloji Üniversitesi
fsarikaya@sivas.edu.tr - 0000-0001-7277-1128

Doç. Dr. Muhammad Azhar NADEEM
Sivas Bilim ve Teknoloji Üniversitesi
manadeem@sivas.edu.tr - 0000-0002-0637-9619

ÖZET

Kurak alanlarda, şiddetli su kıtlığı ve tuzluluk nedeniyle bitkisel üretimde önemli verim kayıpları görülmekte ve bu durum gıda üretimini olumsuz etkilemektedir. Bir baklagil bitkisi olan maş fasulyesi [*Vigna radiata* (L.) Wilczek], kurak koşullara dayanabilen, atmosferik azotu sabitleyerek toprağın biyolojik, kimyasal ve fiziksel özelliklerini iyileştirebilen bir bitkidir. Diğer taraftan yetiştirilme süresinin kısa olması, bitkiyi üretim sistemleri içerinde önemli hale getirmektedir. İnsan beslenmesinde çok fonksiyonlu, protein içeriği yüksek, vitamin ve mineral bakımından zengin bir gıda kaynağıdır. Hasat edildikten sonra geriye kalan artıkları yem veya yeşil gübre olarak kullanılmakta dolayısıyla üretici açısından çok amaçlı bir ürün olarak bitkisel üretim sistemlerinde yerini almaktadır. Bu inceleme, maş fasulyesinin bitkisel özelliği, yetiştiriciliği, besin değerleri ve kullanım alanları ile ilgili literatürü inceleyerek bitkinin önemini vurgulamayı amaçlamıştır.

Anahtar Kelimeler: Baklagiller, *Vigna radiata*, Beslenme, Bitkisel üretim, İnsan sağlığı

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

GİRİŞ

Maş fasulyesi, baklagiller familyası (*Fabaceae*), *Vigna* Savi. cinsindeki *Ceratotropis* alt cinsine aittir. Asya ve Afrika'da geniş bir dağılım gösteren *Vigna* cinsi, yaklaşık yüz türe sahip yedi alt cins ve 19 bölümden oluşmaktadır. Bunlardan yedi tür dünya çapında yaygın olarak yetiştirilmektedir (She ve ark., 2015). İki tür Afrika kökenli (*Vigna unguiculata* L. ve *Vigna subterranea* L.) ve diğer beş tür Asya kökenlidir (*Vigna radiata* L., *Vigna mungo* L., *Vigna aconitifolia* Jacq., *Vigna angularis* Willd. ve *Vigna* angularis Willd. ve *Vigna* umbellata) (Vavilov, 1926). *Vigna radiata* türünün ise dört alt türü mevcuttur: *Vigna radiata* subsp. *radiata*, *Vigna radiata* subsp. *sublobata* (L.) R. Wilczek, *Vigna radiata* var. *radiata* (L.) R. Wilczek ve *Vigna radiata* var. *setulosa* (Dalzell) Ohwi & H. Ohashi (Gayacharan ve ark., 2020).

Kültüre alınmış maş fasulyesi varyasyonu ve arkeolojik çalışmalara bakılarak maş fasulyesinin yaklaşık olarak 3500 yıl önce kültüre alındığı ve anavatanının Hindistan olduğu düşünülmektedir (Soehendi ve ark., 2021). Yapılan çalışmalarda maş fasulyesinin *Vigna radiata*.var.*sublobata* ve *Vigna radiata*.var.*radiata'*nın bir melezi olduğunu göstermiştir (Obasi ve ark., 2024).

Maş fasulyesi üretimi dünya genelinde yaklaşık olarak 7.3 milyon ha olup bu alandan Hindistan, Myanmar, Çin ve Endonezya başta olmak üzere yaklaşık olarak 5.3 milyon ton verim alınmaktadır (Nair ve Schreinemachers, 2020). Ülkemizde maş fasulyesi, genellikle yerel popülasyonların yöresel ihtiyaçları karşılamak amacıyla Akdeniz ve Güneydoğu bölgelerinde yetiştiriciliği yapılmaktadır (Karaman, 2019).

BİTKİSEL ÖZELLİĞİ

Maş fasulyesi, çoğunlukla tahıllarla ekim nöbeti programlarına dahil edilen bir sıcak mevsim baklagilidir. Maş fasulyesi bitkileri, bitkinin tepesine yakın kümeler halinde bakla taşıyan dalları ile dik bir yapıya sahiptir. Geniş bir adaptasyon yeteneğine sahip ve her türlü toprakta yaygın olarak yetiştirilebilen maş fasulyesi baklaları 8-15 tohum tanesi içermektedir. Tüysüz, doğrusal-silindirik şekilde 12 cm'ye kadar boylanabilen maş fasulyesi baklaları yeşil, sarı ve kahverengi renklerinde olabilmektedir. Taneler yeşil veya kahverengi renkli olup küre şeklindedir. Yaprakları almaşık ve üç yaprakcıklı olup soluk yeşil, çiçekleri ise yeşilimsi sarı ile soluk sarı rengindedir. Ürünün başlıca avantajları; bir baklagil olarak azotlu gübreleme gerektirmemesi, kısa bir büyüme döngüsüne (75-90 gün) sahip olması, az su gereksinimi olması ve tahıllarla birlikte ekim nöbetine kolayca uyum sağlamasıdır (Lim, 2012; Dahiya ve ark., 2015).

BİTKİSEL ÜRETİMİ

Çiçeklenmeden bakla dolumuna kadar yeterli suyun verilmesi iyi bir verim elde etmek için gereklidir. Yetiştirme sezonu sonundaki yüksek nem ve aşırı yağışların, bitkisel hastalıklara ve olgunlaşmanın gecikmesine neden olabilmesinden ötürü hasat kayıplarına sebebiyet verebilmektedir. Maş fasulyesi iyi drenaja sahip, 6.2-7.2 pH değerinde, tınlı, kumlu tınlı bünyeye sahip toprakları tercih etmektedir. Diğer baklagillere benzer şekilde fosfor, potasyum, kalsiyum, magnezyum ve kükürt gereksinimlerine sahiptir ve toprakta bu elementlerin eksikliğinde gübreleme işlemi gerekmektedir. Diğer bir tüketim alanı olan maş fasulyesi

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

filizlerinin üretiminde hasat ve depolama sistemlerinin çimlenmeyi engellemeyecek yeterlilikte olması ve tohumlara fungisit, insektisit veya bakterisit uygulamalarının yapılmaması gerekmektedir. Ekim işlemi toprak hazırlığı iyi yapılmış, yeterli toprak nemine sahip, derinliği 3-5 cm olacak şekilde ve 15 Mayıs – 6 Haziran tarihleri arasında gerçekleştirilmelidir. Ekim sıklığı kuru tarım yapılan alanlarda 20-30 bitki/m^2, sulu tarım yapılan alanlarda ise 30-40 bitki/m^2 olmalıdır. Kullanılacak olan tohumluk miktarı çeşit ve yetiştirme koşullarına bağlı olarak 10.000 ila 20.000 adet arasında değişkenlik göstermektedir. Maş fasulyesi, diğer fasulye türlerine benzer oranlarda fosfor, potasyum ve bazı mikro besin maddelerine ihtiyaç duyar. Uygun *Rhizobium* bakteri aşılaması yapılmış ise azotlu gübreleme ihtiyacı yoktur. Maş fasulyesinin yabancı otlarla rekabetinin soya fasulyesine nazaran daha düşük olması ve kayıtlı herbisit sayısının daha az olması sebebiyle yabancı otlarla mücadelesi daha zordur. Kimyasal ve çiçeklenme başlangıcına kadar mekanik olarak yabancı otlarla mücadelesi yapılmaktadır. Maş fasulyesinde bakla olgunluğunun eş zamanlı olmaması sebebiyle hasat zamanını tayin etmekte zorluklar yaşanmaktadır. Genel olarak olgunlaşan bakla sayısının %50-70 seviyelerine geldiğinde hasat işleminin gerçekleştirilmesi önerilmektedir. Kullanılan çeşit ve çevre faktörlerine bağlı olarak 33-224 kg/da arasında tane verimi elde edilmekle birlikte ikinci ürün olarak yapılan üretimlerde verim düşmektedir (Oplinger, 1990; Anonim, 2024b; Baydemir, 20213).

BESİN DEĞERLERİ

Baklagillerin, gelişmekte olan ülkelerde iyi ve nispeten ucuz bir protein ve karbonhidrat kaynağı olmasının yanı sıra iyi bir mineral kaynağı olduğu da bildirilmektedir (Meiners ve ark. 1976). Maş fasulyesine ait protein, karbonhidrat, yağ, su, kül ve toplam şeker miktarına ait oranlar Tablo 1.'de verilmiştir. Maş fasulyesi protein, aminoasit ve özellikle de lizin açısından zengin bir kaynaktır ve bu nedenle tahıl bazlı diyetlerin yanı sıra fonksiyonel gıda takviyesi olarak da kullanılmaktadır. Aynı zamanda iyi bir tiamin, niasin, B6 vitamini, pantotenik asit, magnezyum, demir, fosfor ve potasyum, C vitamini, riboflavin, folat, K vitamini, bakır ve manganez kaynağıdır. Doymuş yağ ve sodyum oranı düşük olmakla birlikte kolesterol miktarı oldukça azdır (Van Horn ve Ernst, 2001). Maş fasulyesine ait kalsiyum, magnezyum, fosfor, potasyum, sodyum, demir, bakır, çinko ve manganez elementlerinin miktarı Tablo 2.'de gösterilmiştir.

Tablo 1. Maş Fasulyesini Bazı Biyokimyasal Kompozisyonu

Bileşik	**Miktar (%100)**
Protein	23.9
Karbonhidrat	62.6
Yağ	1.15
Su	9.05
Kül	3.32
Toplam Şeker	6.6

Kaynak: Anonim, 2024a.

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

Tablo 2. Maş Fasulyesinin Element Kompozisyonu

Element	Miktar (mg/100 gr)
Kalsiyum	132
Magnezyum	189
Fosfor	367
Potasyum	1250
Sodyum	15
Demir	6.74
Bakır	0.941
Çinko	2.68
Manganez	1.04

Kaynak: Anonim, 2024a.

KULLANIM ALANLARI

Dünya çapında pek çok sağlık kuruluşu, kronik hastalıkların önlenmesi ve genel insan sağlığının iyileştirilmesi için bitki bazlı gıda alımının artırılmasını önermektedir. Bu duruma bağlı olarak sağlık programlarına çeşitli bitki bazlı fonksiyonel gıdalar dahil edilmiştir (Espin ve ark., 2007). Sağlık açısından faydalar sergileyen bu tür ürünlerden biri, kısa bir büyüme döngüsüne (70-90 gün) sahip bir yaz baklagili olan maş fasulyesidir [*Vigna radiata* (L.)]. Pek çok Asya ülkesinde, ayrıca Güney Avrupa'nın bazı bölgelerinde ve Kanada ile Amerika Birleşik Devletleri'nin nispeten daha sıcak bölgelerinde yaygın olarak yetiştirilen bir bitkidir. Önemli bir bitki bazlı gıda kaynağı olan maş fasulyesi (Del Rosario ve ark., 1981), detoksifikasyon biyoaktiviteleriyle iyi bilinmektedir. Ek olarak, insanın zihinsel işlevinin geliştirilmesinden sıcak çarpmasının hafifletilmesine kadar çok sayıda başka durumun tedavisinde de kullanılmıştır (Tang ve ark., 2014).

Maş fasulyesi, et tüketiminin yetersiz olduğu yerlerde insanlar için paha biçilmez bir sindirilebilir protein kaynağı sağlar. Olgunlaşmamış baklalar taze şekilde pişirilerek tüketilebildiği gibi un, çorba, yulaf lapası, atıştırmalıklar, ekmek, erişte ve dondurma haline getirilerek te tüketilmektedir (Mogotsi, 2006). Maş fasulyesi (*Vigna radiata*) filizi, unu veya tanesi insan beslenmesinde besleyici bir gıda olarak yaygın bir şekilde tüketilmektedir (Adsule ve ark., 1986). Çin'de, 1050'lerden beri ateş düşürmek ve vücudu detoksifiye etmek amacıyla şifalı bir bitki olarak da kullanılmaktadır (Zhu ve ark., 2012). Son çalışmalar vitexin ve isovitexin gibi maş fasulyesi ekstraktının patojenik ısı ve oksidatif stresleri hafifletebileceğini ortaya koymuştur (Cao ve ark., 2011; Chung ve ark., 2011). Filipinler'de maş fasulyesi, polinöropati hastalığı için koruyucu veya iyileştirici potansiyelleri nedeniyle çiğ veya lapa halinde pişirilerek kullanılır. Sıcak yaz aylarında serinlemek amacıyla her gün bir kase soğuk tatlı maş fasulyesi çorbası içmek bir Çin alışkanlığıdır. Geleneksel Çin tıbbına göre, çorba veya congee olarak yenen küçük yeşil maş fasulyesi (lu dou) toksinleri dışarı atabilir. Maş fasulyesi soğuk tüketildiğinde vücut ısısının düşürülmesine, toksinlerin temizlenmesine, idrara çıkmanın teşvik edilmesine ve deride oluşan küçük kızarıklıkların giderilmesine yardımcı olur. Kaşıntılı

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

deri döküntülerini hafifletirken, mide ve karaciğeri detoksifiye edip güçlendirerek vücudu desteklemektedir (Kitikar ve Basu, 1985; Shahrajabian ve ark., 2019). Maş fasulyesi Hindistan'da dhal, atıştırmalık, tatlı ve tuzlu olmak üzere farklı gıda ürünlerinin hazırlanmasında kullanılmaktadır. Farklı maş fasulyesi ürünlerinin tüketim sıklığı çok yüksektir (Kumar ve ark., 2014).

SONUÇ

Maş fasulyesi, yüksek oranda protein ve aminoasit içeren diğer protein kaynaklarına nazaran daha hesaplı olmasının yanında, dengeli ve besleyici değerlere sahip, sindirim oranı yüksek, depolamaya elverişli ve baklagillere kıyasla toprak işleme ihtiyacı daha az olan bir baklagildir. Maş fasulyesi kaliteli bir protein kaynağı olmasının yanı sıra detoksifiye etkisine sahip olması, soğuk tüketiminde vücut ısısının düşürülmesi, idrara çıkmaya teşvik etmesi ve deride meydana gelen kızarıklıkların giderilmesi gibi etkilere sahip olması nedeniyle insan sağlığı bakımından çok fonksiyonlu bir besindir. İnsan sağlığına belirgin faydalar sağlayan maş fasulyesinin üretim yapıldığı bölgelerde münavebe sistemlerine dahil edilmesi gerekmektedir. Ayrıca maş fasulyesinin klasik ve biyoteknolojik ıslah yöntemleriyle iyileştirilmesi, gelecek nesillere verimli ve kaliteli protein kaynakları sunulması açısından önemlidir.

KAYNAKLAR

Adsule R.N., Kadam S.S., Salunkhe D.K., Luh B.S., 1986. Chemistry and technology of green gram (Vigna radiata (L.) Wilczek). Critical Reviews in Food Science and Nutrition, 25(1): 73-105, doi: 10.1080/10408398609527446.

Anonim, 2024a. https://fdc.nal.usda.gov/fdc-app.html#/food-details/174256/nutrients (09/07/2024).

Anonim, 2024b. https://www.extension.iastate.edu/alternativeag/mungbean (18/07/2024).

Baydemir, F.,2013. Farklı Sıra Aralığı Ve Fosfor Dozlarının MaĢ Fasulyesi 'nde [VignaRadiata(L.) Wilczek]Verim Ve Bazı Verim Unsurları Üzerine Etkisi. Selçuk Üniv. Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarla Bitkileri Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi 65 s.

Cao D., Li H., Yi J., Zhang J. Che H., Cao J., Yang L., Zhu C., Jiang W., 2011. Antioxidant properties of the mung bean flavonoids on alleviating heat stress. PLoS ONE, 6(6), Article ID e21071, doi: 10.1371/journal.pone.0021071.

Chung I.M., Yeo M.A., Kim S.J., Moon H.I., 2011. Protective effects of organic solvent fractions from the seeds of Vigna radiata L. wilczek against antioxidant mechanisms. Human and Experimental Toxicology, 30(8): 904-909, doi: 10.1177/0960327110382565.

Dahiya, P. K., Linnemann, A. R., Van Boekel, M. A. J. S., Khetarpaul, N., Grewal, R. B., & Nout, M. J. R. (2015). Mung bean: Technological and nutritional potential. *Critical reviews in food science and nutrition*, *55*(5), 670-688.

Del Rosario RR, Flores DM. Functional properties of four types of mung bean flour. J Sci Food Agr 1981; 32(2): 175–80. doi: 10.1002/jsfa.2740320213.

Espin JC, Garcia-Conesa MT, Tomas-Barberan FA. Nutraceuticals: facts and fiction. Phytochemistry 2007; 68(22–24): 2986–3008. doi: 10.1016/j.phytochem.2007.09.014. PubMed PMID: 17976666.

Gayacharan, Archak, S., Gupta, K., Gupta, V., Tyagi, V., & Singh, K. (2020). Mungbean genetic resources and utilization. *The mungbean genome*, 9-25.

K.R. Kirtikar, B.D. Basu, Indian Medicinal Plants, 2 ed., Lalit Mohan Basu, Allahabad, India, 1985.

Karaman R (2019) Maş Fasulyesi (Vigna radiata Wilczek) Genotiplerinin/Yerel Populasyonlarının Isparta Koşullarında Fenolojik, Morfolojik, Agronomik ve Bazı Teknolojik Özellikler Yönünden Karakterizasyonu. Doktora tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bil. Ens., Tarla Bitkileri, 226 s.

Kumar Dahiya, P., Nout, M. J. R., A. van Boekel, M., Khetarpaul, N., Bala Grewal, R., & Linnemann, A. (2014). Nutritional characteristics of mung bean foods. *British Food Journal*, *116*(6), 1031-1046.

Lim, T.K. 2012. Edible medicinal and non-medicinal plants Fruits, Vol. 2, Springer, Dordrecht Heidelberg London New York, pp. 966–967

Meiners, C. R., N. L. Derise, H. C. Lau, M. G. Crews, S. J. Ritchey, E. W. Murphy.1976. The content of nine mineral elements in raw and cooked mature drylegumes. Journal of Agricultural and Food Chemistry 24:1126–30.

Mogotsi, K. K., 2006. *Vigna radiata* (L.) R. Wilczek. In: Brink, M. & Belay, G. (Editors). PROTA 1: Cereals and pulses/Céréales et légumes secs. [CD-Rom]. PROTA, Wageningen, Netherlands.

Nair R, Schreinemachers P (2020) Global status and economic importance of mungbean. In The mungbean genome (pp. 1-8). Springer, Cham.

Obasi, C.C., Obasi, S.N., Ngwuta, A.A., Oforo, K., Obidiebube, A.E., Okolie, H., Asante, L., Eleblu, J., Adjei, E.A. (2024). ADVANCING MUNGBEAN CULTIVATION AND NUTRITION: INSIGHTS FROM GENETIC STUDIES AND BREEDING PROGRESS. Sustainability in Food and Agriculture (SFNA) 5(1) 12-18.

Oplinger, E. S., Hardman, L.L., Kaminski, A.R., Combs, S.M., Doll, J.D., 1990. Mungbean.

Shahrajabian, M.H., Sun, W. i Cheng, Q. 2019. A short review of health benefits and nutritional values of mung bean in sustainable agriculture. *Polish Journal of Agronomy*. 37, 37 (cze. 2019), 31–36. DOI:https://doi.org/10.26114/pja.iung.381.2019.37.05.

She CW, Jiang XH, Ou LJ, Lui J, Long KL, Zhang LH, Duan WT, Zhao W, Hu JC (2015) Molecular cytogenetic characterization and phylogenetic analysis of the seven cultivated Vigna species (Fabaceae). Plant Biol 17:268–280

Soehendi, R., T Hapsari, R., Nugrahaeni, N., Haksiwi, P., & J Mejaya, M. (2021). Agronomic Characteristics and Seed Yield of Indonesian Mungbean (Vigna radiata) Genetic Resources. *Annual Research & Review in Biology*, *36*(10), 9-21.

Tang D, Dong Y, Ren H, Li L, He C, et al. A review of phytochemistry, metabolite changes, and medicinal uses of the common food mung bean and its sprouts (Vigna radiata). Chem Central J 2014; 8: 4. doi: 10.1186/1752-153x-8-4. PubMed PMID: WOS:000334627400001.

Van Horn L, Ernst N. A summary of the science supporting the new National Cholesterol Education Program dietary recommendations: What dietitians should know. J Am Diet Assoc. 2001, 1148-1154.

Vavilov NI (1926) Studies on the origin of cultivated plants. Bull Appl Botany Genet Plant Breed (Leningrad) 16:1–248 (In Russian English summary pp 139–248)

Zhu S., Li W., Li J., Jundoria A., Sama A.E., Wang H., 2012. It is not just folkore; the aqueous extract of mung bean coat is protective against sepsis. Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine, Hindawi Publishing Corporation, Article ID, 498467, 10 pages, doi: 10.1155/2012/498467.

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

BİNGÖL OVASI KOŞULLARINDA KIŞLIK BUĞDAYIN SULAMA PLANLAMASI

Sebahattin KAYA
Bingöl Üniversitesi, Ziraat Fakültesi,
Biyosistem Mühendisliği Bölümü,12000, Bingöl,
e-mail: skaya@bingol.edu.tr
ORCID ID: 0000-0003-3007-4177

Özet: İklim değişikliği nedeniyle oluşan yağış düzensizliği ve su kaynaklarındaki azalma bitkisel üretimi azaltmak suretiyle tarımsal üretimi olumsuz olarak etkilemektedir. Bu durum suyun etkin kullanımını gerektirmektedir. Suyun etkin kullanımı, sulama uygulamalarında su kayıplarının azaltılması ve suyun tasarruflu olarak kullanılması ile sağlanabilecektir. Tarımda su tasarrufu sağlamak öncelikle bitki su tüketimi ve sulama programlarının sağlıklı olarak belirlenmesine bağlıdır. Bu araştırma, Bingöl Ovası koşullarında kışlık olarak yetiştirilen buğdayın bitki su tüketimleri ve sulama programları ve sulama suyu ihtiyacının belirlenmesi amacıyla yapılmıştır. Buğdayın sulama suyu ihtiyacı; Cropwat (8.0) bilgisayar programı yardımıyla, yörenin iklim, bitki ve toprak verileri kullanılarak; kurak, normal ve yağışlı yıllar için belirlenmiştir. Buğdayın mevsimlik su tüketimi 509 mm ve mevsimlik sulama suyu ihtiyaçları; kurak, normal ve yağışlı yıllar için sırasıyla 320, 210 ve 106 mm olarak belirlenmiştir.
Anahtar Kelimeler: Bingöl Ovası, Kışlık buğday, Bitki su tüketimi, Sulama planlaması

Irrigation Planning of Winter Wheat in Bingöl Plain Conditions

Abstract: Irregular rainfall and decrease in water resources due to climate change negatively affect agricultural production by reducing plant production. This situation requires efficient use of water. Efficient use of water can be achieved by reducing water losses in irrigation practices and using water economically. Saving water in agriculture primarily depends on healthy determination of plant water consumption and irrigation programs. This research was conducted to determine plant water consumption, irrigation programs and irrigation water requirements of wheat grown as winter crops in Bingöl Plain conditions. Irrigation water requirement of wheat was determined for dry, normal and rainy years by using climate, plant and soil data of the region with the help of Cropwat (8.0) computer program. Seasonal water consumption of wheat was determined as 509 mm and seasonal irrigation water requirements were determined as 320, 210 and 106 mm for dry, normal and rainy years, respectively.
Key words: Bingöl Plain, Winter Wheat, Crop Evapotranspiration, Irrigation Scheduling

GİRİŞ

Küresel ısınma sonucu ortaya çıkan iklim değişikliği nedeniyle sürdürülebilir su kaynaklarında azalma meydana geleceği için su kaynaklarının etkin bir şekilde yönetilmesi gerekmektedir. Suyun etkin kullanımı, sulama uygulamalarında kaynaktan bitkiye ulaşıncaya kadar olan su kayıplarının azaltılması ve su savurganlığının önüne geçilmesi olarak gerçekleşebilmektedir (Najifar, 2018). Tarımda suyun etkin kullanımının başarılması öncelikle bitki su tüketimi ve sulama programlarının sağlıklı olarak belirlenmesine; iklim, toprak ve bitki koşullarına uygun

sulama yönteminin seçilmesine, seçilen yönteme ilişkin sistemin iyi planlanmasına bağlıdır (Yazgan ve ark., 2004; Feng et al., 2016).

Sulama zamanının ve uygulanacak su miktarının belirlenmesi "sulama planlaması" olarak tanımlanmaktadır ve su kullanımının optimizasyonunu sağlayan bir kavramdır. Sulama planlaması için bitki, toprak ve atmosfer koşullarını dikkate alan bir çok yöntem uygulanmaktadır. Bunlar; bitki belirteçleri, toprak belirteçleri ve su bütçesi tekniğinden oluşmaktadır (Baştuğ, 1994; Kaya ve Özdengiz, 2013; Kanber, 1999). Su bütçesi yönteminde belirli bir zaman aralığında topraktan uzaklaşan ve toprağa giren su miktarları dikkate alınarak bitkinin ihtiyaç duyduğu suyun toprakta var olması sağlanır.

Sulama planlaması için topraktaki su dengesi eşitliğini dikkate alan bir çok (AZCHED, CROPWAT, IRRIWAT, vd.) bilgisayar sulama planlaması programı geliştirilmiştir. Bu programlarda öncelikle bitki su tüketimi belirlenir. Daha sonra kullanıcı tarafından gerekli toprak ve su yönetim bilgileri (toprağın yararlı su tutma kapasitesi, başlangıç toprak su içeriği, su uygulama randımanı ve izin verilebilir toprak suyu tüketim miktarı, vb.) girilerek sulama planlaması belirlenir.

Yukarıda belirtilmiş olan sulama planlaması programlarında, bitki gelişmesi veya bitki su tüketimi üzerinde herhangi bir sınırlamanın olmadığı standart koşullar altında, bitki su tüketimini (ETc) tahmin etmek için genel yöntem olarak ilk önce referans bitki su tüketimi (ETo) tahmin edilir. Daha sonra ETc, ETo'nun amprik bitki katsayısı (Kc) ile çarpılmasıyla elde edilir (ETc= KcETo) (Doorenbos and Pruit, 1977; Allen et al., 1996; Pereira et al. 2021). 'Kc ETo' yaklaşımı olarak adlandırılan bu yöntemde ETc tahmininin doğruluğu, uygun Kc'nin türetilmesine ve ayrıca ETo'nun doğru hesaplanmasına bağlıdır (Allen et al., 1998).

ETo'yu belirlemek için sıcaklık, nem, radyasyon, rüzgar hızı, güneşlenme şiddeti gibi çok sayıda meteorolojik veri gerekmektedir (Allen et al., 1998, Falamarzi et al., 2014). Dolayısıyla, sıcaklık, yağış, rüzgâr hızı ve oransal nem evapotranspirasyona doğrudan etki eden iklim parametreleridir (Uçak ve ark., 2013). ETo`ya etki eden faktörler sadece iklim faktörleri olduğu için sonuç olarak ETo bir iklim parametresidir (Allen et al., 1998), dolayısıyla iklim değişikliği ETo'yu da etkilemektedir.

Yapılan bilimsel çalışmalarda (Yavuz, 2023; Kaya, 2023), küresel ısınmaya bağlı iklim değişikliği; sıcaklık ve evapotranspirasyondaki artış, bağıl nemde azalma ve son yılardaki yağış miktarlarındaki azalma ile Bingöl Ovası`nda da kendisini göstermektedir. İklim değişikliğinin bu etkisi su kaynaklarının etkin kullanımını zorunlu kılmaktadır. Diğer taraftan yörede önemli oranda yetiştirilen buğdayın sulama planlaması konusunda Bingöl Ovası koşullarında hiçbir çalışma yapılmamıştır. Dolayısıyla yörede önemli oranda yetiştirilen buğdayın sulama planlamasının kurak, normal ve yağışlı yıllar için belirlenmesi su kaynaklarının etkin kullanımı açısından önemli olduğu için Bingöl Ovası koşullarında kışlık olarak yetiştirilen buğdayın sulama planlamasının belirlenmesi amacıyla bu araştırma yapılmıştır.

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

MATERYAL VE YÖNTEMLER

Materyal

Araştırma alanı olarak ele alınan Bingöl Ovası, Bingöl İli Merkez İlçe sınırları içerisinde yer almaktadır. Bingöl İli, Doğu Anadolu Bölgesi'nin Yukarı Fırat bölümünde 38° 27' ve 39°27' kuzey enlemleri 39°54' ve 41°20' doğu boylamları arasında bulunmaktadır. İlin yüzölçümü toplam 8253 km^2 olup, merkez ilçe alanı 1790 km^2`dir (Yavuz, 2023). Bingöl İli, doğuda Muş, kuzeyde Erzincan ve Erzurum, batıda Tunceli ve Elazığ, güneyde ise Diyarbakır ili ile komşudur.

Yukarı Fırat-Murat iklim tipinde yeralan Bingöl İli`nde karasal yağış rejimi görülmesine rağmen yöredeki iklim koşulları bir bütün olarak ele alındığında Akdeniz rejimi ve karasal rejim arasında kendine özgü bir özellik taşıdığı görülmektedir (Soylu, 2013; Anonim, 2016). Bingöl Merkez ilçede konuşlu Bingöl Meteoroloji İstasyonu`nda 1961 – 2023 yılları arası gözlenmiş olan bazı meteorolojik veriler Çizelge 1'de verilmiştir (MGM, 2024).

Çizelge 1. 1961-2023 döneminde Bingöl Meteoroloji İstasyonu`nda gözlenmiş olan bazı iklim değerleri (MGM, 2024)

Aylar	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Yıllık
Ortalama Sıcaklık (°C)	-2,2	-1,1	4,2	10,8	16,2	22,0	26,7	26,5	21,3	14,3	6,8	0,8	12.2
Ortalama En Yüksek Sıcaklık (°C)	2,4	3,9	9,6	16,8	22,9	29,4	34,6	34,8	29,8	21,7	12,7	5,3	18.7
Ortalama En Düşük Sıcaklık (°C)	-5,8	-4,9	-0,1	5,8	10,2	14,8	19,0	18,7	13,7	8,3	2,3	-2,7	6.6
Ortalama Güneşlenme Süresi (saat)	3,4	4,5	4,8	5,5	7,1	9,0	9,4	9,0	8,1	6,1	4,5	3,2	6.2
Ortalama Yağışlı Gün Sayısı	12,84	12,38	14,08	14,86	13,65	5,48	1,76	1,37	2,46	8,27	9,27	12,65	109.1
Aylık Toplam Yağış Miktarı Ortalaması (mm)	138,6	128,8	133,3	116,5	77,6	20,6	7,1	4,3	12,5	65,0	108,3	135,0	947.6

Bingöl Ovası`nda hububat, yem bitkileri (yonca, fiğ), tütün ve bazı sebze türleri (domates, fasulye, kavun, karpuz v.s) yetiştirilmektedir. Buğday tarımı Bingöl İlinde önemli bir konuma sahiptir ve 2024 yılı verilerine göre, Bingöl İli genelinde 87400 da alanda buğday tarımı yapılmış olup, 23396 ton verim alınmıştır (Anonim, 2024).

Bingöl ovasında yapılan toprak etüdü çalışmalarında ova topraklarının genel olarak alüvyal, killi tın bünyeli, tuzsuz, az kireçli ve orta düzeyde organik madde içeriğine sahip topraklar olduğu belirlenmiştir (Demir ve Canbolat, 2018; Demir ve Canbolat, 2021).

Yöntem

Buğdayın sulama planlaması CROPWAT 8.0 sulama planlaması programı kullanılarak yapılmıştır. FAO Su Kaynakları Gelişimi ve Yönetimi Servisi tarafından geliştirilmiş olan CROPWAT Sulama Planlaması Programı ilk olarak 1992`de (CROPWAT 5.7) olmak üzere farklı versiyonlarda yayımlanmıştır (Kaya ve ark., 2012; FAO, 2024). CROPWAT 8.0, toprağın su tutma kapasitesini, iklim verilerini ve bitki bilgisi ve yönetimini hesaba katan bir su dengesi planlaması programıdır.

CROPWAT 8.0 ile referans bitki su tüketimini (ETo) hesaplamak için günlük, 10 günlük veya aylık iklim verileri kullanılır. İhtiyaç duyulan veriler; maksimum ve minimum sıcaklık (veya ortalama sıcaklık), ortalama bağıl nem, rüzgâr hızı ve günlük toplam güneşlenme süresi verileridir. Gerekli olan toprak ve su yönetim bilgileri ise; toprağın yararlı su tutma kapasitesi, başlangıç toprak su içeriği, su uygulama randımanı ve izin verilebilir toprak suyu tüketim miktarı ve yağış miktarıdır.

CROPWAT 8.0 sulama planlaması programı ile ETo`yu hesaplamak için FAO Penman-Monteith (FAO - PM) eşitliği kullanılmaktadır. FAO PM eşitliği, değerlendirildiği lokasyonda ETo'yu yaklaşık olarak tahmin ettiği, fiziksel temelli olduğu ve hem fizyolojik hem de aerodinamik parametreleri açıkça birleştirdiği için, ETo'nun belirlenmesinde tek yöntem olarak önerilmektedir (Smith et al., 1991; Allen et al, 1994a,b; Smith et al., 1996; Allen et al., 1996). FAO - PM eşitliği aşağıda verilmiştir.

$$ETo = \frac{0.408\Delta(Rn - G) + \gamma(\frac{900}{T+273})U_2(e_s - e_a)}{\Delta + \gamma(1 + 0.34U_2)} \quad (1)$$

Burada; ETo, referans bitki su tüketimi (mm gün^{-1}); T, yerden 2 m yükseklikteki ortalama hava sıcaklığı (ºC); Rn, bitki yüzeyindeki net radyasyon (MJ m^{-2} gün-1), G, toprak ısı akısı yoğunluğu (MJ m^{-2} gün-1); U_2 yerden 2 m yükseklikteki rüzgar hızı (m s^{-1}); es ve ea, sırasıyla doygun ve gerçek buhar basıncı (kPa); Δ, evaporasyon buhar basıncı eğrisinin eğimi (kPa °C^{-1}) ve γ, psikrometrik sabittir (kPa °C^{-1}) (Kaya ve ark., 2013).

Sulama zamanı planlamasında toprak nem dengesi eşitliği kullanılmıştır. Toprak nem dengesi eşitliği aşağıda verilmiştir (Smith, 1992; Kaya ve Özdengiz, 2013).

$$SMD_i = SMD_{i-1} - ET_a + R_f + d_n + R + D \quad (2)$$

Eşitlikte;

SMD : (i) ve (i-1)nci günlerdeki toprak nemi (mm),

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

ETa : Gerçek bitki su tüketimi (mm),
R_f : Etkili yağış (mm),
d_n : Net sulama suyu miktarıdır (mm),
R: Yüzeyakış miktarı (mm) ve
D: Derine sızma miktarı (mm)

Bu araştırmada aylık ortalama ETo değerlerinin belirlenmesi için Bingöl Meteoroloji İstasyonunda gözlenmiş olan maksimum sıcaklık, minimum sıcaklık, bağıl nem, rüzgar hızı ve güneşlenme süresi değerlerinin 1991-2020 yılları arasındaki döneme ait aylık ortalamaları kullanılmıştır. Sulama planlamalarının oluşturulmasında Bingöl Meteoroloji İstasyonunda 1961-2021 yılları arasındaki dönemde gözlenmiş olan aylık toplam yağış değerleri kullanılarak %20 olasılıkla (nemli yıl için), %50 olasılıkla (normal yıl için) ve %80 olasılıkla (kurak yıl için) oluşacak aylık toplam yağış değerleri belirlenmiştir (Smith, 1992). Kışlık olarak ekimi yapılan buğdayın; CROPWAT programı için gerekli olan gelişim devreleri uzunluğu Allen et al. (1998) ve yöredeki gözlemlere göre belirlenmiştir. Gelişme dönemlerine ait Kc değerleri, yörenin bağıl nem ve rüzgar hızı değerleri dikkate alınarak, Allen et al. (1998) tarafından verilen değerlere ve yöntemlere göre belirlenmiştir. Başlangıç ve olgunluk dönemlerine ait kök derinlikleri, Güngör ve Yıldırım (1989) ve Allen et al. (1998) tarafından verilen değerler ve minimum ıslatma derinliği olarak Özdengiz (1992) tarafından belirtilen 30-40 cm'lik derinlik önerisi dikkate alınarak belirlenmiştir. Sulama planlamasında toprakların faydalı su tutma kapasitesi olarak Bingöl Ovasında Demir (2016) tarafından yapılan çalışmada belirlenmiş olan160 mm m^{-1} değeri dikkate alınmıştır.

Buğdayın gelişme devresi uzunlukları, Kc değerleri, kök derinliği, topraktaki faydalı suyun kullanılma yüzdesi ve ekim zamanındaki mevcut toprak nemi değerleri Çizelge 2'de verilmiştir.

Çizelge 2. Bitki büyüme devresi uzunlukları, kök derinlikleri ve faydalı suyun kullanılma yüzdeleri.

CROPWAT Sulama Programında Kullanılan Bitki ve Toprak Suyu Yönetim Bilgileri		Bitki Gelişme Devreleri			
		Başlangıç	Gelişme	Orta	Son
Büyüme Devresi Uzunluğu (Gün)		40	160	40	30
Kc Değerleri		0.65	-	1.07	0.23
Kök Derinliği (cm)		60	-	90	90
İzin Verilebilir Yararlı Su Tüketim Oranı	Kurak Yıl	0.50	-	0.50	0.80
	Normal Yıl	0.50	-	0.50	0.50
	Yağışlı Yıl	0.50	-	0.50	0.65
Başlangıçtaki (ekim zamanındaki) Mevcut Toprak Nemi	Kurak Yıl	80 mm/m (%50 TAM)			
	Normal Yıl	88 mm/m (%55 TAM)			
	Yağışlı Yıl	88 mm/m (%55 TAM)			

Programda belirlenen aşamalar izlenirken etkili yağış USDA-SCS yöntemiyle hesaplanmıştır. Sulama zamanı planlamasında optimum sulama koşulu seçilmiş ve her sulamada eksik toprak

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

nem düzeyi tarla kapasitesine yükseltileceği öngörülmüştür (Smith, 1992). Sulamaya başlamak için dikkate alınan, faydalı suyun düşmesine izin verilen kısmı için Allen et al. (1998) tarafından verilmiş olan % 50 değeri kullanılmıştır. Ayrıca, sulamaların iyi yönetilmiş yüzey sulama yöntemleri ile yapılacağı düşünülerek, hesaplamalarda su uygulama randımanı olarak Smith (1992) tarafından önerilmiş olan % 70 değeri kullanılmıştır.

BULGULAR ve TARTIŞMA

Buğdayın kurak, normal ve yağışlı yıllara göre sulama zamanı planlaması (sulama programları) sonuçları Çizelge 3-5`de verilmiştir. Sulama zamanı planlaması tablolarında, bitkilerin ekim ve hasat tarihleri, sulama zamanı ve aralıkları, her sulamada uygulanacak olan brüt ve net sulama suyu miktarları ile sulama modülleri verilmiştir. Ayrıca, bazı mevsimlik değerler ile sulama proğramı ve yağış etkinliği yüzdeleri de sunulmuştur.

Çizelge 3. Yazlık buğdayın kurak yıl için sulama programı.

Bitki Cinsi Ekim Tarihi Toprak Bünyesi	: Kışlık Buğday : 15.10 : Kil		Kullanılabilir su tutma kapasitesi : 160 mm m^{-1} Tarla su uygulama randımanı : % 70		
Sulama Seçeneği	: Toprakta tüketilmesine izin verilen suyun tamamı tüketildiğinde tarla kapasitesine kadar sulama uygulaması (Optimum sulama koşulu)				
Sulama No	Sulama Aralığı (Gün)	Sulama Tarihi	Uygulanan Net Sulama Suyu Miktarı (mm)	Uygulanan Brüt Sulama Suyu Miktarı (mm)	Sürekli Akış ($l\ s^{-1}\ ha^{-1}$)
1	1	15 Ekim	73.6	105.1	12.1
2	218	20 Mayıs	73.6	105.1	0.06
3	237	8 Haziran	76.9	109.9	0.67
Hasat	270	11 Temmuz			
Toplam brüt sulama suyu miktarı	: 320.1 mm		Toplam yağış		: 468.3 mm
Toplam net sulama suyu miktarı	: 224.1 mm		Etkili yağış		: 244.2 mm
Toplam sulama suyu kaybı	: 0.0 mm		Top yağış kaybı		: 224.1 mm
Hasatta toprakta kalan su miktarı	: 53.2 mm		Gerçek sulama suyu ihtiyacı		: 264.6 mm
Bitki tarafından kullanılan gerçek su tüketimi	: 503.1 mm		Yağış etkinliği		: % 52.2
Sulama programının etkinliği	: % 100				
Sulama programının eksikliği	: % 1.1				

Çizelge 4. Kışlık buğdayın normal yıl için sulama programı.

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

Bitki Cinsi : Kışlık Buğday Ekim Tarihi : 15.10 Toprak Bünyesi : Kil			Kullanılabilir su tutma kapasitesi : 160 mm m^{-1} Tarla su uygulama randımanı : % 70		
Sulama Seçeneği : Toprakta tüketilmesine izin verilen suyun tamamı tüketildiğinde tarla kapasitesine kadar sulama uygulaması (Optimum sulama koşulu)					
Sulama No	Sulama Aralığı (Gün)	Sulama Tarihi	Uygulanan Net Sulama Suyu Miktarı (mm)	Uygulanan Brüt Sulama Suyu Miktarı (mm)	Sürekli Akış ($l\ s^{-1}\ ha^{-1}$)
1	228	30 Mayıs	72.4	103.4	0.05
2	246	17 Haziran	74.4	106.3	0.68
Hasat	270	11 Temmuz			
Toplam brüt sulama suyu miktarı		: 209.7 mm	Toplam yağış		: 860.1 mm
Toplam net sulama suyu miktarı		: 146.8 mm	Etkili yağış		: 357.7 mm
Toplam sulama suyu kaybı		: 0.0 mm	Top yağış kaybı		: 502.5 mm
Hasatta toprakta kalan su miktarı		: 100.8 mm	Gerçek sulama suyu ihtiyacı		: 151.2 mm
Bitki tarafından kullanılan gerçek su tüketimi		: 508.9 mm	Yağış etkinliği		: % 41.6
Sulama programının etkinliği		: % 100			
Sulama programının eksikliği		: % 0.0			

Çizelge 5. Kışlık buğdayın nemli yıl için sulama programı.

Bitki Cinsi : Kışlık Buğday Ekim Tarihi : 15.10 Toprak Bünyesi : Kil			Kullanılabilir su tutma kapasitesi : 160 mm m^{-1} Tarla su uygulama randımanı : % 70		
Sulama Seçeneği : Toprakta tüketilmesine izin verilen suyun tamamı tüketildiğinde tarla kapasitesine kadar sulama uygulaması (Optimum sulama koşulu)					
Sulama No	Sulama Aralığı (Gün)	Sulama Tarihi	Uygulanan Net Sulama Suyu Miktarı (mm)	Uygulanan Brüt Sulama Suyu Miktarı (mm)	Sürekli Akış ($l\ s^{-1}\ ha^{-1}$)

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

1 Hasat	241 270	12 Haziran 11 Temmuz	74.3	106.1	0.05

Toplam brüt sulama suyu miktarı	: 106.1 mm	Toplam yağış	: 1230.0 mm
Toplam net sulama suyu miktarı	: 74.3 mm	Etkili yağış	: 413.5 mm
Toplam sulama suyu kaybı	: 0.0 mm	Top yağış kaybı	: 816.9 mm
Hasatta toprakta kalan su miktarı	: 74.1 mm	Gerçek sulama suyu ihtiyacı	: 95.4 mm
Bitki tarafından kullanılan gerçek su tüketimi	: 508.9 mm	Yağış etkinliği	: % 33.6
Sulama programının etkinliği	: % 100		
Sulama programının eksikliği	: % 0.0		

Mevsimlik su tüketiminin yağışlı, normal ve kurak yıl için sırasıyla 106.1, 209.7 ve 320.1 mm olduğu ve yağışlı, normal ve kurak yıl için sırasıyla 1, 2 ve 3 kez sulama yapılacağı Çizelge 3-5'den anlaşılmaktadır.

Bulunan sonuçları destekleme açısından, ülkemizde benzer koşullarda geçmiş yıllarda araştırmacılar ve çeşitli kuruluşlarca yapılmış olan sulama ve su tüketimi araştırma sonuçları aşağıda belirtilmiştir.

Sevim (1988) tarafından Erzurum-Pasinler koşullarında buğdayın su tüketimi konusunda yapılmış olan araştırmada ekimden sonra, sapa kalkma ve çiçeklenme döneminin başlangıcında olmak üzere döneminde olmak üzere üç kez sulama yapmak üzere en yüksek verim elde edilmiştir ve buğdayın su tüketimi 398 mm olarak belirlenmiştir. Kaya (1997) tarafından yapılan araştırmada Erzurum Ovası koşullarında kışlık buğdayın su tüketimi 369 mm olarak belirlenmiş ve nemli, normal ve kurak yıllar için sırasıyla 1, 2 ve 3 kez sulanması gerektiği belirtilmiştir.

Iğdır Ovası koşullarında buğdayın su tüketimi 455 mm ve ekimden sonra, sapa kalkma ve başaklanma dönemlerinde olmak üzere 3 kez sulama suyu uygulanması gerektiği belirlenmiştir. Koç ve Kanber (2020) Kahramanmaraş koşullarında buğdayın su tüketiminin 708 mm olarak belirtmişlerdir. Ankara koşullarında buğdayın su tüketimi 690 mm, Konya Ovası koşularında 511.7 mm, Tokat-Kazova koşullarında 616.3 mm, Harran Ovası`nda 727.9 mm, Eskişehir koşullarında ise 548.4 mm olarak belirlenmiştir ve Kırklareli koşullarında 557.4 mm olarak belirlenmiştir (Çap, 2017).

Yukarıda verilmiş olan kışlık buğdayın su tüketimi ve sulanması konusunda ülkemizin çeşitli yörelerinde yapılmış olan araştırmalardan elde edilen değerler ile bu araştırmadan elde edilen sonuçların benzeştiği anlaşılmaktadır. Başkan (1993), referans bitki su tüketiminin

hesaplanması için kullanılan yöntemlerin, uygun bitki katsayıları ile kullanıldığında, bitki su tüketimlerinin yeterli güvenlik sınırları içerisinde tahmin edilebildiğini ve burada önemli olanın deneysel olarak bulunan bitki katsayılarının uygun referans bitki su tületimi ile kullanılması olduğunu belirtmiştir.

SONUÇ

Bitkilerin su tüketimlerinin ve sulama programlarının doğrudan belirlenmesi, masraf gerektirmesi ve zaman alıcı olması nedeniyle oldukça zordur ve çoğunlukla model ve dolaylı yöntemleri doğrulama amacıyla kullanılmaktadır. Bu nedenle, bitki su tüketimlerinin ve sulama programlarının belirlenmesinde genellikle dolaylı ve pratik yöntemler kullanılır. Genellikle dolaylı yöntem olarak, iklim değerlerini kullanarak referans bitki su tüketimine göre bitki su tüketimini belirleyen matematiksel ve model yaklaşımlar kullanılmaktadır. Sulama planlamasında da bu model yaklaşımlara dayalı bilgisayar programları kullanılmaktadır. CROPWAT 8.0 sulama planlaması programı bu tür programlardan birisidir.

Bu araştırmada CROPWAT 8.0 sulama planlaması programı kullanılarak, Bingöl Ovası koşullarında kışlık buğdayın sulama planlaması belirlenmiştir. Bingöl Ovası koşullarında kışlık buğdayın; yağışlı, normal ve kurak yıllar için sırasıyla 1, 2 ve 3 kez sulanması gerektiği ve elde edilen bu bulguların ülkemizde benzer iklim koşullarına sahip farklı yörelerde önceden yapılmış olan araştırma sonuçları ile uyuştuğu belirlenmiştir.

KAYNAKLAR:

Allen R. G., Pereira R. S., Raes D, Smith, M. *Crop Evapotranspiration. Guidelines for computing Crop Water Requirements.* FAO Irrigation and Drainage Paper No.56, Rome, 1998.

Allen, R. G., Smith, M., Perrier, A., Pereira, L.S. *An update for defination of reference evapotranspiration*. ICID Bull. Vol.43, N0.2, s.1-34, 1994a.

Allen, R. G., Smith, M., Pereira, L. S., Perrier, A. *An update for calculation of reference evapotranspiration*. *ICID Bull*. Vol.43, N0.2, s.35-92, 1994b.

Allen, R. G., Smith, M., Pruit, W. O., Pereira, L. S. *Modificatins to the FAO Crop Coefficient Approach.* Proceeding of International Evaporation and Irrigation Scheduling Conference:124-132,3-6 November 1996,San Antonio,TX, 1996.

FAO, 2010. http://www.fao.org/nr/water/infores_databases_cropwat.html, (Erişim Tarihi: 28.04.2010)

Anonim, 2024, *Bingöl İli Tarımsal Üretim Verileri*, Bingöl Tarım ve Orman İl Müdürlüğü

Başkan, M. *Su Tüketiminin belirlenmesinde yeni yaklaşımlar (Potansiyel ve Referans Evapotranspirasyon Yöntemleri). In: Şener, S. (Ed.),* Sulama Teknolojisinde Yeni Gelişmeler

Semineri, 13-24 Eylül 1993, Tarsus, 50-78, Köy Hiz. Genel. Müd, Yayınları, No: 76, Ankara, 1993.

Baştuğ, İ. *Bitki su setresinin niceliksel ifade biçimleri ve sulama zamanının belirlenmesinde kullanılmaları.* Akdeniz Üniv. Ziraat Fak. Dergisi 7 (1): 114-128, 1994.

Çap, Y. 2017. Tamamlayıcı Sulamanın Buğdayın Verim Ve Kalitesine Etkisi (Yüksek Lisans Tezi), Harran Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.

Demir, A. D. 2016. Farklı Sulama Stratejileri ile Atık Su Uygulamalarının Bingöl Koğullarında Domates Bitkisinin Verim ve Kalitesi ile Toprak Özelliklerine Etkisi (Doktora Tezi), https://acikbilim.yok.gov.tr/handle/20.500.12812/48825
Demir, Y., Canbolat, M. Y. *The Classification of Soils Formed Over Göynük River (Bingöl) Terraces and Determination of Their Physico-Chemical Propertiesa*. Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi, 5(4), 604-612, 2018.

Demir, Y., & Canbolat, M. Y. *Bingöl İli Toprak Bitki ve Su Kaynakları, Bölüm 5: Bingöl Ovası Çayağzı Mevkii Topraklarının Bazı Hidrofiziksel Özelliklerinin Belirlenmesi Ve Değerlendirilmesi,* Publisher: Gece Publishing:69-83, (2021).

Doorenbos, J. and Pruitt, W.O. Guidelines For Predicting Crop water Requirements. FAO, Irrig. and Drain. Paper No: 24, Rome, Italy, 1977.

Falamarzi, Y., Palizdan, N., Huang, Y.F., Lee, T. S. *Estimating evapotranspiration from temperature and wind speed data using artificial and wavelet neural networks (WNNs).* Agricultural Water Management, 140, 26-36, 2014.

FAO. 2024. *CROPWAT 8.0.* (http://www.fao.org/nr/water/infores_databases_cropwat.html), (Erişim Tarihi: 25.10.2024).

Feng, Y., Cui, N., Zhao, L., Hu, X., Gong, D. *Comparison of ELM, GANN, WNN and empirical models for estimating reference evapotranspiration in humid region of Southwest China.* J. Hydol, 536, 376–383, 2016.

Güngör H., Yıldırım, O. *Tarla Sulama Sistemleri.* Ankara Üniv. Ziraat Fak. Yayınları, No:1155, Ankara, 1989.

Kanber, R. *Sulama.* Çukurova Üniv. Ziraat Fak. Yayınları, No: 174, Adana, 1999.

Kaya, S, Evren, S, Dascı, E, Adıgüzel, M. C. *Evapotranspiration and crop coefficients of drip-irrigated apricot trees under semiarid climatic conditions,* Journal of Food, Agriculture & Environment, Vol.11 (1): 883-886, 2013.

Kaya, S. The Effect of Global Climate Change on Monthly and Annual Precipitation Amounts in Bingöl Province (Turkey). International Journal of Food, Agriculture and Animal Sciences, 3(2), 1-12, (2023).

Kaya, S. 1997. Erzurum-Sakalıkesik Ovası Topraklarının Sulama Yönünden İncelnmesi Üzerine Bir Araştırma (Doktora Tezi), Atatürk Üniveritesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.

Kaya, S., & Özdengiz, A. *Erzurum-Sakalıkesik Ovası Sulama Suyu İhtiyacının Bilgisayar Programı Kullanılarak Belirlenmesi.* Atatürk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Dergisi,, 44(1), 33-41, (2013).

Kaya, S., Meral, R. Demir, A. D. *Erzurum Ovası Koşullarında Şekerpancarı Sulama Programının Belirlenmesi.* 1. Uluslararası Anadolu Şekerpancarı Sempozyumu, 20-22 Eylül 2012, Kayseri. 1. Uluslararası Anadolu Şekerpancarı Sempozyumu Kitapçığı, s. 209-214, 2012.

Koç, D. L., & Kanber, R. Bowen Oranı Enerji Dengesi Yöntemiyle Buğday Su Tüketiminin Belirlenmesi. Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Tarım Ve Doğa Dergisi, 23(2), 544-553. 2020. https://doi.org/10.18016/ksutarimdoga.vi.597980

MGM. 2024. *Analizler, Resmi İstatistikler.* Meteoroloji Genel Müdürlüğü (MGM), Alıntılanma adresi: (https://www.mgm.gov.tr/veridegerlendirme/il-ve-ilceler-istatistik.aspx?m), (Erişim Tarihi: 17.06.2024)

Najifar, P. *Yapılarda Yağmur Suyu Kullanma Olanakları.* (Yüksek Lisans Tezi). Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Mimarlık Ana Bilim Dalı, Ankara, 2018.

Özdengiz, A. *Bitki Su Tüketimi Ve Rasyonel Bir Sulamanın Ana İlkeleri*. IV. Ulusal Tarımsal Yapılar ve Sulama Kongresi Bildirileri, 24-26 Haziran 1992, 1-15, Erzurum, 1992.

Pereira, L. S, Paredes, P., Hunsaker, D.J., Lopez-Urrea, R, Mohammadi Shad, Z. Standard *Single And Basal Crop Coefficients For Field Crops*. Updates and advances to the FAO56 crop water requirements method. Agric Water Manag 243:106466, 2020. https:// doi. org/10. 1016/j. agwat. 2020. 106466

Sevim, Z. *Erzurum Koşullarında Buğdayın Su Tüketimi*, Köy Hiz. Gen. Müd. Erz. Araşt. Enst. Müd. Yayını, 19, 17-38, 1988.

Smith, M. Cropwat: *A Computer Program For Irrigation Planning and Management*. FAO Irrigation and Drainage Paper, No: 46, Rome, Italy, 1992.

Smith, M., Allen, R.G. and Pereira, L.S. *Revised FAO Methodology for Crop Water Requirements*. Proceeding of International Evaporation and Irrigation Scheduling Conference:116-123,3-6 November 1996,San Antonio,TX, 1996.

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

Smith, M., Allen, R.G., Monteith, J.L., Perrier, A., Pereira, L.S. and Segeren, A. *Report Of The Expert Consultationon Procedures For Revision Of FAO Guidelines For Prodectionof Crpo Water Requirements*. UN-FAO, Rome, Italy, 54 p, 1991.

Soylu, H. *Bingöl`ün Coğrafi özellikleri.* III. Bingöl Sempozyumu Bildirileri, 413-435, 17-19 Eylül 2010, Bingöl, 2013.

TAGEM. *Türkiyede Sulanan Bitkilerin Su Tüketim Rehberi*, T. C. Tarım ve Orman Bakanlığı, Tarımsal Araştırmalar ve Politikalar Genel Müdürlüğü ve Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü, Ankara, 2016.

Uçak, A.B., Gençoğlan, C., Değirmenci, H. *The Effect of Direct and Traditional Seeding Methods and Different Water Levels on the Water–Yield Relationship of Drip Irrigated Corn*. *Journal of Food, Agriculture Environment,* 11(3-4), 828-833, 2013.

Yavuz, Y. 2023. *Küresel İklim Değişikliğinin Referans Evapotranspirasyon Üzerindeki Etkisinin Bingöl Ovası Koşullarında İncelenmesi (Yüksek Lisans Tezi, Basılmamış),* Bingöl Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.

Yazgan, S., H. Büyükcangaz, Ç. Demirtaş ve B.N. Candoğan. *Genç Kiraz Ağaçlarında (Prunus avium) Farklı Sulama Programlarının Vegetatif Gelişme Parametreleri ve Bitki Su Tüketimi Üzerine Etkileri*.Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi,18(2),1-12, 2004.

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

ÇEMEN BİTKİSİNİN ÖNEMİ VE TÜRKİYE'DEKİ GÜNCEL DURUMU

Y.L. Öğrencisi Ayşe TAŞKIN
Sivas Bilim ve Teknoloji Üniversitesi, Bitkisel Üretim ve Teknolojileri Bölümü
taskin.ayse1629@gmail.com – (0009-0008-4402-4043)

Doç. Dr. Muhammad Azhar NADEEM
Sivas Bilim veTeknoloji Üniversitesi, Bitkisel Üretim ve Teknolojileri Bölümü
manadeem@sivas.edu.tr – (0000-0002-0637-9619)

ÖZET

Çemen bitkisi *Fabales* takımı, *Fabaceae* familyası, *Trigonella* cinsi içerisinde yer almaktadır. Ülkemizde sık görülen ve yetiştirilen türü *Trigonella foenum graecum* L.'dur. Çemen bitkisinde gerek toprak üstü kısmı gerekse tohumu birçok amaç için kullanılmaktadır. Bitkinin tohumları ve yeşil aksamı gerek yeşil olarak gerekse kurutularak hayvan beslenmesinde kullanılmaktadır. Aynı zamanda iyi bir yeşil gübre bitkisidir. Bitkinin tohumlarına öğütülme işlemi yapılarak baharat olarak kullanılmaktadır. Aynı zamanda tıbbi ve aromatik bitkiler içerisinde de çemen bitkisi önemli bir konumdadır. Tohumu öğütüldükten sonra toz haline getirilerek tüketilmesi sağlık açısından birçok iyileştirici özelliği olduğu yapılan çalışmalarla kanıtlanmıştır. Çemen bitkisinden halk arasında, ateş düşürücü, balgam söktürücü, yara iyileştirici olarak, birçok iyileştirici özelliğinden yararlanılmaktadır.

Anahtar Kelimeler: *Trigonella foenum-graecum L.*, çemen, kullanım alanları, bitkisel özellikleri

1. Giriş

Bitkiler, hayatımızda önemli bir yer kaplamaktadır ve çok yönlü olarak yararlanılmaktadır. İnsan beslenmesinde bitkilerin bazılarından doğrudan faydalanılırken, bazı bitkilerden dolaylı olarak fayda sağlanmaktadır. Bitkiler; tahıllar, endüstri ve yağ bitkileri, ilaç-baharat bitkileri gibi birçok farklı gruplara ayrılmışlardır. Aynı zamanda ilaç-baharat grubu bitkilerin büyük bir bölümü tıbbi ve aromatik bitkiler olarak da bilinmektedir (Beyzi E. 2011).

Tıbbi ve aromatik bitkiler yönünden dünyanın en zengin ülkeleri içerisinde Türkiye'de bulunmaktadır. Bu bitkiler gerek floramızdan toplanması gerekse kültürü yapılarak üretilmesi ile geleneksel kültürel zenginliğimizin bir parçası olmuştur. Yaygın olarak Dünyada bulunan susam, çemen, zencefil, rezene, kimyon gibi önemli tıbbi ve aromatik bitkilerin Türkiye'de

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

üretimi yapılmaktadır. Bu bitkiler içerisinde çemen çok önemli bir yere sahiptir (Gökçe Z., Efe L. 2016).

Kökeni Anadolu'ya dayanan ve bir kültür bitkisi olan çemen, geniş adaptasyon özelliğine sahip bir bitkidir. Toprak isteği yönünden kanaatkâr olması ve de geniş bir kullanım alanlarına sahip olması nedeniyle asırlardan beri çemen bitkisi bulunduğu ekolojide önemli bir kültür bitkisi haline gelmiştir. Başka yarı kurak bölge bitkilerinde görüldüğü gibi, çemen bitkisinin ekim alanlarında da son zamanlarda daralmalar görülmüştür. Ekim alanlarında görülen daralmaların nedeni olarak, Anadolu'da mevcut genetik zenginlikten tam olarak yararlanılamamasının etkisinin olduğu düşünülmektedir. Bu genetik materyal zenginliği nedeniyle, yüksek kaliteli ve verimli çeşitlerin ıslahı üzerine çalışılmalar yapılmamıştır. (Beyzi E, İlbaş A, Gürbüz B. 2010)

Ilıman iklim bölgelerinde iyi gelişim gösteren ve kışlık olarak ekimi yapılan, kuraklığa ve yüksek sıcaklıklara dayanıklılığı yüksek olan çemen bitkisinin Türkiye'de yetiştiriciliği; sıcak iklim bölgelerinde kışın ya da erken ilkbaharda, soğuk iklim bölgelerinde ise yaz mevsiminde yapılmaktadır (Kevseroğlu K, Özyazıcı G. 1997).

Türkçe karşılığı "çemen" olan *Trigonella foenum-graecum,* latincede *Trigonella* küçük üçgen manasına gelmektedir. Bilindiği üzere çemen bitkisinin küçük ve beyaz çiçekleri üçgen şeklindedir (Akbay F, Erol A. 2019).

2. Çemen Bitkisinin Genel Özellikleri

2.1. Taksonomisi

Çemen *Fabales* takımı, *Fabaceae* (Baklagiller) familyası, *Trigonella* cinsi içerisinde bulunan bir bitkidir. Türkiye'de kültürü yapılmakta olan türü *Trigonella foenum-graecum* L.'dur. Ülkemizde *Trigonella* türlerinin dağılışı şu şekildedir: Kayseri, Gaziantep, Adana, Konya, Hatay, Mersin, Mardin ve Şanlıurfa (Kan Y, Mülayim M. 2006).

Halk arasında buyotu olarak da isimlendirilen çemen *Trigonella* türleri, baklalarının görüntüsü nedeniyle, eski Yunanlılar tarafından inekboynuzu ya da keçiboynuzu olarak isimlendirilmiştir. Cinsin adını ise *Trigonella foenum-graecum* türünde çok bariz bir şekilde görülen bitkinin üç yapraktan oluşan tepe kısmı sebebiyle, Latincede Üçgen sözcüğünden Carl Linnaeus adlandırmıştır (Tokbay İ. 2007).

Trigonella cinsi genelde Akdeniz ve çevresinde dağılım göstermekte olup, 50 kadar tür içermektedir. Ülkemizde bulunan türlerden bazılarının doğal bir şekilde yetiştiriciliği yapılmaktadır. Türkiye'de yaygın olarak kültürü yapılan türü ise *Trigonella foenum-graecum* L. türüdür (Bozdemir Ç., Çinkaya N., Bağdat R. 2016).

2.2. Bitkisel Özellikleri

Türkiye şartlarında yetiştirilen çemen, tek yıllık otsu bir yapıda olup 30-60 cm aralığında boylanan, içi boş ve sapları yuvarlağa yakındır. Gelişimin ilk döneminde tüylü sonrası ise sade bir yapı göstermekte olup, koyu yeşil renklidir. Yan dallar, yonca gibi üçlü yapıda olup, yaprak koltuklarından çıkmaktadırlar. Yaprak saplarının uzunluğu yaklaşık 5.3 mm civarında, üst kısım

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

yapraklar ise biraz kalın ve de tüylü bir yapıdadır. Yaprakçıkların uzunluğu 10-40 mm aralığında, genişliği ise 8-15 mm aralığında olup, ters yumurta biçimi göstermektedirler. Dip kısımda ise her zaman kama biçiminde değişim göstermektedir. Orta yaprakçıklar uzun sapçıklı, yandaki yaprakçıklar ise sapsız bir şekilde bağlanmışlardır(Erol A, Uslu Ö, Kızılşimsek M, Gedik O. 2016).

Çemen bitkisinin her bir üç yaprakçığın da taban kısmının kenarları düz ve üst kısımları ise dişli yapıdadır. Fakat yonca bitkisine kıyasla orta damar kısmı çok belirgin değildir. Kulakçık epey büyük ve üçgene benzer yapıda olup, mızrak formundan yumurta formuna kadar değişim göstermektedir. Çiçeklerin uzunluğu 10-18 mm arasında olup, tek ya da çift şekilde yaprakların koltuklarından çıkmakta ve sapları bulunmamaktadır. Sarıya yakın beyaz, bazen hafif pembe renkte olan taç yapraklar, çanak yapraktan iki kattan daha fazla uzun yapıdadırlar. Taç yaprak, dışında tek bayrak, içinde iki tane kanatçık ve de kayıkçıktan oluşmaktadır. Kanatçıklar bayrakçıktan yarı uzundur. Kayıkçık, düz ya da dairesel biçimde olup, yalnızca çanak uzunluğundadır. Taban bölgesinde altı kısımlı olan taç yapraklar, belirgin bir şekilde tüylü olan çanak yaprakla sarılmıştır. Çanak yapraktaki baklaların uzunluğu 5-11 cm, sivri uçlu ve kıvrıktır. Her bir meyve, ortalama 10-20 tane arasında tohum taşımaktadır (Kan Y, Uğur Ş.).

Çemen bitkisi (*Trigonella foenum-graecum* L.) türünün olgun bir tohumu olup, tohumunun dıştan görüntüsüne bakıldığında 3-5 mm arası uzunluktadırlar. Tohum, sert köşeli olup, üzeri ince çıkıntılı, esmer kırmızı ya da sarımsı esmer renktedir. Tohumlarının öğütülmesi halinde güçlü ve ayrı bir kokuya sahiptirler (Mutlu S. 2011).

2.3. Çeşitleri

Tohumlukta safiyetin %95, çimlenme gücünün ise %90'dan düşük olmaması istenmektedir. Ülkemizde geliştirilen üç adet tescilli çemen çeşidi bulunmaktadır. Çemen ile ilgili yeni çeşitlerin geliştirilmesi için araştırma ve geliştirme çalışmaları yapılmaktadır (TTSM, 2020).

(Çizelge 1. Tescilli Çemen Çeşitleri. TTSM,2020)

No	Çeşit Adı	Başvuru Sahibi	Tescil Tarihi	Tür Adı	Latince Tür Adı
1764	Berkem	Dicle Üniversitesi Ziraat Fakültesi	01.04.2015	Çemen	*Tirigonella foenum graecum L.*
1775	Gürarslan	Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi	09.04.2004	Çemen	*Tirigonella foenum graecum L.*
2723	Çiftçi	Geçit Kuşağı Tar. Arş. Ens. Müdürlüğü	12.04.2017	Çemen	*Tirigonella foenum graecum L.*

2.4. Kullanım Alanları

Çemen, birçok farklı alanlarda kullanılmaktadır. Bilhassa gıda, tıp, eczacılık ve kozmetik gibi alanlarda yaygın olarak kullanımı bulunmaktadır. Çemen bitkisinin gerek tohumları gerekse vejetatif aksamı çok farklı amaçlar için kullanılmaktadır (Özçelik Ş. 2017)

Çemen; baharat, aroma verici, gıdaları koruyucu, takviye, kozmetik, alternatif tıp, ecza bilimi, hayvan yemi, yeşil gübre ve dokuma sektörlerinde kullanılmaktadır. Pastırma kaplama karışımının asıl tamamlayıcısıdır. Pastırmayı dış mikroorganizma tesirinden korur, lezzet ve hoş

koku verir, saklama süresini uzatır. Çeşni ürünlerinde, alkollü içeceklerde, dondurmada ve şekerlemelerde, şuruplarda, cikletlerde, şekerli soslarda, jelatinde, pudinglerde, şekerli kremalarda, çorbalarda, soslarda, turşularda, güveçlerde, çemen bitkisinden faydalanılmaktadır (Kıralan M, Yorulmaz A, Çalıkoğlu E, Bayrak A. 2017).

Çemen, tıp alanında kanser ve akciğer hastalıklarında, nefes darlığında ve astım iyiliştirici özelliklerinin yanı sıra gaz çıkartma problemlerinde, balgam söktürücü ve basuru iyileştirmek gibi özellikler göstermektedir. Çemen bitkisini haşladıktan sonra suyu ile saçların yıkanması ile saçlar kıvrıklaşır ve kepeği önlemekte etkilidir. Tohumu haşlanıp incir ve bal ile yemekten önce tüketildiğinde karnı yumuşatarak göğüs ve midedeki balgamı söktürür ve geçmeyen öksürüğü kesmektedir. Şeker ve tereyağı ile birlikte tüketildiğinde, derin yaraları iyileştirici etkisi olduğu görülmüştür (İnanan B., Kanyılmaz M. 2020).

Dünyada çemen bitkisinin hem tohumlarının hem de vejetatif kısmının çeşitli kullanımlarına örnekler gösterilecek olursa; Afrika'da kahve olarak, İsviçre'de peynire lezzet vermek için, İsrail'de bitki zararlılarını uzaklaştırmak için ve antibiyotik yerine, Almanya'da yapay Akçaağaç şurubunun yerine, Fransa'da güzel kokularda kullanılmaktadır. Yaprakları sebze olarak değerlendirilirken, aynı zamanda tohum filizleri nefis salata çeşnisi olarak tüketilmektedir. Köri baharatı olarak adlandırdıkları karışımın bileşiminde mevcut olan çemen otu, ayrıca Mısır ülkesinde ekmeklerin içerisine de katılmaktadır. Üstelik, Hindistan'da çemen bitkisinin yeşil aksamlarının kurutulması ile depolarda birçok kez bitki zararlılarını uzaklaştırıcı etkisinden yararlanılmaktadır. Çemen ve pamuk tohumlarını bir arada harmanlayarak hayvan beslemesinde kullanıldığında, süte akıcılık kattığı gözlemlenmiştir. Kozmetik alanında saç ilaçlarının içeriğinde kepeği önleyici ve saç dökülmesine karşı kullanılmaktadır (Baldemir A, İlgün S. 2015).

3. Çemen Bitkisinin Üretimi ve Ticareti

3.1. Türkiye'de Çemen Üretim

Ülkemiz; tıbbi ve aromatik bitkilerin doğal olarak yetiştiği zengin bir bitki örtüsüne sahiptir. Son yıllarda tıbbi ve aromatik bitkilere olan talepte artış görülmektedir. Ülkemizin önemli dışsatım işlemlerinin birini de bu bitki grubundan bitkiler oluşturmaktadır. Çemen bitkisi çok önemli baklagil familyasındandır. Asırlardan beri gıda, tıbbi ilaç, hayvan yemi ve birçok kullanım alanı olan bitkilerden birisi de çemendir. Yurt içi ve yurt dışı talepleri olan önemli bitkilerden biriside çemendir.

Ülkemizde çemen üretimi 2010 yılında 1.651 dekar alanda yapılırken, 2019 yılında yaklaşık 9 kat artış göstererek 14.499 dekar alanda yapılmaya başlanmıştır. 2012 yılında üretimi yapılan çemen miktarı 200 ton iken, hemen hemen 3.2 kat artış göstererek 645 tona erişilmiştir. Çemen bitkisinde verim yıllık yağış miktarı ile doğru orantılı olarak değişimler göstermektedir. Üretimde yıllar itibari ile isteğe göre artışlar ve düşüşler görülmektedir.

(Çizelge 2. Üretim Alanları, Üretim Miktarları ve Verim. TÜİK,2020)

YILLAR	EKİM ALANI (da)	ÜRETİM (ton)	VERİM (kg/da)
2010	1.651	200	121
2011	1.055	141	134
2012	640	67	105
2013	1.678	195	116
2014	1.974	218	110
2015	4.296	491	114
2016	8.232	914	111
2017	14.499	1.521	105
2018	7.182	745	104
2019	6.035	645	107

Ülkemizde 2019 yılında çemen üretimi yapan illere ait dağılım aşağıdaki tabloda verilmiştir. 2012 yılında yalnızca Amasya (3 ton), Çorum (16 ton), Konya (117 ton) ve Tokat (4 ton) illerinde üretimi yapılmakta olan çemen bitkisinin 2019 yılında ise 10 ilde üretimi yapılmaya başlanmıştır. İlk üç sırada yer alan illerimiz sırasıyla şu şekildedir: Sivas (94 ton), Çorum (110 ton) ve Karaman (214 ton). Belirtilen üç il ülkemizin toplam çemen üretiminin hemen hemen %652'sini gerçekleştirmektedir (TÜİK, 2020).

(Çizelge 3. 2019 Yılında Çemen Yetiştiriciliği Yapılan İller. TÜİK,2020)

İller	Alanı (da)	Üretim Miktarı (ton)	Verim (kg/da)
Karaman	1.800	214	119
Çorum	1.193	110	92
Sivas	979	94	96
Samsun	740	85	115
Yozgat	560	57	102
Konya	288	35	122
Kayseri	204	25	123
Amasya	216	21	97
Tokat	45	3	67
Afyonkarahisar	10	1	100
Toplam	6.035	645	-

Çemen bitkisinin üretimi ülkemizde istenilen düzeye ulaşamamıştır. Bunun en büyük sebepleri içerisinde insanların tüketim alışkanlıkları hedef gösterilebilir. Çemen bitkisinden elde edilen ürünlerin kullanılması, toplumlar içerisinde geniş alanlara yayılması ile birlikte bitkinin ekiliş alanı ve aynı zamanda üretimindeki artışlardan kaynaklanmaktadır. Bunun beraberinde bitkinin

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

dış satımı ise istenilen düzeyde değildir. Bitkinin yeterince tanıtılmaması istenilen düzeyde olmamasının en önemli sebebidir (Beyzi E, İlbaş A, Gürbüz B. 2010).

Kullanım alanlarının genişletilmesi, bitkilerden sağlanacak ürünlerin kalitesini iyileştirecek ve beraberinde bu bitkinin öneminin zamanla artırılmasına neden olacaktır. Bunun sonucunda ise tıbbi ve aromatik bitkilere karşı son zamanlarda ilginin artması çemen bitkisinin de payına düşeni almasına vesile olacak ve dış satımla üretim miktarının hak ettiği seviyeye geleceği beklenmektedir (Beyzi, E., 2011)

3.2. Çemen Bitkisinin Ticareti

Çemen tohumunda dış satımımız, 2011 yılında 155 ton civarında iken, 2019 yılında %79 oranında artış göstererek 196 ton civarına kadar yükselmesine neden olmuştur. 2010 yılında dış ticaretten 257 bin dolar kazanılmış ve 2019 yılında ise 594 bin dolar gelir sağlanmıştır. Çemenin dış ticaretteki miktarı 2010 yılında 316 kg iken, 2019 yılında yaklaşık 24 kat artış göstererek 24.3 tona kadar yükselmiştir. 2010 yılında çemen dış satımı 16 bin dolar, 2019 yılında ise yaklaşık 35 bin dolar olarak meydana gelmiştir. Ülkemizde, çemen ile ilgili olarak hem dış alım hem de dış satım ticareti gerçekleştirdiğimiz görülmektedir (ÇEMEN Fizibilite Raporu ve Yatırımcı Rehberi).

(Çizelge 4. Çemen Dış Ticareti. TÜİK,2020)

Yıl	İhracat		İthalat	
	Miktar (Ton)	Değeri (Bin Dolar)	Miktar (Ton)	Değeri (Bin Dolar)
2010	155,2	257,7	0,316	16,1
2011	76,8	104,8	68,6	43,9
2012	48,8	80,1	898,1	564
2013	67,4	106,5	311,6	171,9
2014	96,4	162,7	71	48,6
2015	141,6	217,4	21,1	37,1
2016	74,4	117,4	30	41,1
2017	42,9	60,5	0,06	0,345
2018	100,5	134,2	0,34	1,3
2019	195,9	594,2	24,3	34,8

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

Kaynaklar

Beyzi, E., Çemen (*Trigonella foenum-graecum* L.)'de Farklı Fosfor Dozlarının Verim ve Bazı Morfolojik Özellikler Üzerine Etkileri, Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 2011.

Baldemir, A., İlgün, S. (2015). Geçmişte ve günümüzde çemen otunun kullanım alanları: *Trigonella foenum-graecum* L. Mersin Üniversitesi Tıp Fakültesi Lokman Hekim Tıp Tarihi ve Folklorik Tıp Dergisi, 5(1).

Beyzi, E., İlbaş, A., Gürbüz, B. (2010). Çemen (*Trigonella foenum-graecum* L.) ve Genel Özellikleri. Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 26(4).

Gökçe, Z., Efe, L.(2016). Çemen (*Trigonella foenum-graecum* L.) Bitkisinin Kullanım Alanları ve Tıbbi Önemi. Nevşehir Bilim ve Teknoloji Dergisi, TARGİD Özel Sayı 355-363.

Akbay, F, Erol A., Farklı Çemen Genotiplerinin Morfolojik ve Tarımsal Özellikleri Yönünden Değerlendirilmesi, International Agricultural Congress of Muş Plain, 24-27, Muş, 2019.

Tarım ve Orman Bakanlığı, Bitkisel Üretim Genel Müdürlüğü, ÇEMEN Fizibilite Raporu ve Yatırımcı Rehberi, 2020.

www.tuik.gov.tr. "Türkiye İstatistik Kurumu Web Sayfası". (Erişim tarihi: 14.12.2024)

1st INTERNATIONAL – 4th Natıonal Health Servıces Congress, Congress Book, 2022.

Kan, Y., Mülayim, M. (2006). Organik ve inorganik gübrelerin çemen (*Trigonella foenum graecum* L.)'in bazı tarımsal karakterleri üzerine etkileri. Bitkisel Araştırma Dergisi 1: 6–15.

Erol A, Uslu Ö, Kızılşimsek M, Gedik O. 'III. Tıbbi ve Aromatik Bitkiler Sempozyumu Tam Metin Bildirileri Kitabı, 2016.

Kan, Y., Uğur, Ş. (2016) Ankara (Gölbaşı) Şartlarında Farklı Ekim Zamanlarında Yetiştirilen Çemen (Trigonella Foenum Graecum L.)'un Verim ve Kalite Özelliklerinin Belirlenmesi. Selçuk Tarım Bilimleri Dergisi, 3(2).

Akbay. F., Farklı Çemen Genotiplerinin Morfolojik ve Tarımsal Özellikleri Yönünden Değerlendirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kahramanmaraş, 2017.

Mutlu, S., Farklı Orjinli Çemenlerin (*Trigonella Foenum-Graecum L.*) Bazı Fenolojik, Morfolojik Ve Verim Özelliklerinin Belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, On Dokuz Mayıs Üniversitesi, Fen Bilimleri Fakültesi, Samsun, 2011.

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

Tokbay, İ., Aydın Ekolojik Koşullarında Farklı Ekim Zamanı Ve Sıra Aralığının Çemen (*Trigonella Foenum-Graecum L.*)'in Verim Ve Kalite Özelliklerine Etkisi, Yüksek Lisans Tezi, Adnan Menderes Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Aydın, 2007.

Bozdemir, Ç., Çinkaya, N., Bağdat, R. (2016). Ankara Ekolojik Şartlarında Kışlık Çemen (*Trigonella foenum-graecum L.)* Yetiştirme Çalışmaları. Ziraat Mühendisliği Dergisi, 363 s.

Aydın, A., Farklı Orijinli Çemen (*Trigonella foenum-graecum L.*) Populasyonlarında Bazı Önemli Morfolojik, Fenolojik ve Kalite Kriterlerinin Belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarla Bitkileri Anabilim Dalı, Samsun, 2010.

Kıralan M, Yorulmaz A, Çalıkoğlu E, Bayrak A. (2017) Çemen otu *(Trigonella foenum-graecum L.*) tohumunun yağ asitleri ve sterol bileşim. Derim Dergisi, 34(2).

İnanan, B. E., Kanyılmaz, M. (2020). Kakule, Ayçiçeğive Çemen Otu Tohumları Ekstraktlarının Sazan Balığı (Cyprinus carpioL.) Sperm Motilitesine ve Oksidatif Strese In Vitro Etkileri. Türk Tarım –Gıda Bilim ve Teknoloji Dergisi, 8(1).

Özçelik, Ş., Çemen otunun (*Trigonella foenum-graecum* L.) yeşil aksamının, kuru otunun ve tohumunun yem değerlerinin belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Ahi Evran Üniversitesi, Fen Bilimleri Fakültesi, Kırşehir, 2017.

Kızıl, S., Arslan, N. (2003). Bazı çemen hatlarında farklı ekim normlarının verim ve verim özellikleri üzerine etkilerinin araştırılması. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Bilimleri Dergisi, 9(4).

Öz, A., Farklı ekim zamanı, sıra aralığı ve ekim sıklığının çemen 'in (*Trigonella foenum graecum* L.) verim ve bazı verim unsurları üzerine etkisi, Yüksek Lisans Tezi, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü, Eskişehir, 2014.

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

TUZ STRESİ ALTINDA YETİŞTİRİLEN İSKENDERİYE ÜÇGÜLÜ (*Trifolium alexandrinum* L.) BİTKİSİNİN BAZI ÇİMLENME VE FİDE ÖZELLİKLERİNİN BELİRLENMESİ

Dr. Öğr. Üyesi Semih AÇIKBAŞ

Siirt Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü
semihacikbas@siirt.edu.tr orcid.org/0000-0003-4384-3908

ÖZET

Bu çalışmada, tuz stresinin İskenderiye üçgülü (*Trifolium alexandrinum* L.) bitkisinin çimlenme ve fide gelişimi üzerine etkilerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Araştırma, Siirt Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Laboratuvarı'nda, 25±1 °C kontrollü şartlar altında yürütülmüştür. Çalışmanın bitkisel materyalini Efsane İskenderiye üçgülü çeşidi oluşturmuştur. Laboratuvar çalışması, tesadüf parselleri deneme desenine göre 4 tekrarlamalı olarak petri kaplarında kurulmuştur. Çalışmada; tuzun (NaCl) 0 mM, 50 mM, 100 mM, 150 mM ve 200 mM dozları araştırmanın konusunu teşkil etmiştir. Denemede 7. günün sonunda her bir petri kabındaki bitkilerden rastgele seçilen 10 bitki üzerinden ölçümler yapılmıştır. Çalışmada çimlenme parametrelerinden; çimlenme yüzdesi, ortalama çimlenme süresi, çimlenme üniformite katsayısı, çimlenme indeksi ve çimlenme enerjisi ile fide parametrelerinden fide yaş ağırlığı ve fide güç indeksi özellikleri incelenmiştir. Artan tuz konsantrasyonlarına bağlı olarak İskenderiye üçgülü tohumlarının daha geç çimlendiği belirlenmiştir. Tuz konsantrasyonlarının artışına bağlı olarak incelenen tüm çimlenme ve fide gelişim parametrelerinde anlamlı azalmalar olduğu tespit edilmiştir. İncelenen tüm çimlenme ve fide gelişim özelliklerinde genel olarak tuzluluğun olumsuz etkileri 100 mM dozunda başlamıştır. Düşük tuz yoğunluğu olan 50 mM konsatrasyonlara İskenderiye üçgülünün dayanıklı olduğu belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: İskenderiye üçgülü, Tuz Stresi, Çimlenme indeksi, Fide yaş ağırlığı

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

DETERMINATION OF SOME GERMINATION AND SEEDLING CHARACTERISTICS OF BERSEEM CLOVER (*Trifolium alexandrinum* L.) GROWN UNDER SALT STRESS

ABSTRACT

This study aims to determine the effects of salt stress on the germination and seedling development of Berseem (*Trifolium alexandrinum* L.).The research was conducted at the Field Crops Laboratory of the Faculty of Agriculture, Siirt University, under controlled conditions at 25±1 °C. The plant material of the study consisted of the Efsane cultivar of Berseem (*T. alexandrinum* L.). The laboratory study was set up in Petri dishes with 4 replications according to randomized complete plots design. In the study, salt (NaCl) doses of 0 mM, 50 mM, 100 mM, 150 mM, and 200 mM were the subject of the investigation. Measurements were conducted on 10 plants randomly selected from each petri dish at the end of the 7th day. Germination parameters such as germination percentage, average germination time, germination uniformity coefficient, germination index, and germination energy, as well as seedling parameters such as seedling fresh weight and seedling vigor index, were investigated in the study. It was determined that *Trifolium alexandrinum* seeds germinated more slowly with increasing salt concentrations. Significant reductions were observed in all germination and seedling development parameters examined as salt concentrations increased. In all the germination and seedling growth traits examined, the negative effects of salinity generally began at a dose of 100 mM. It was determined that Berseem is tolerant to low salt concentrations, such as 50 mM.

Keywords: Berseem, Salinity, Germination index, Seedling fresh weight

1. GİRİŞ

Üçgüller, baklagiller familyası içerisinde yer alan ve genellikle ılıman iklim kuşağında yetiştirilen yem bitkileridir (Williams ve ark., 2019). Üçgüller içerisinde yer alan İskenderiye üçgülü (*Trifolium alexandrinum* L.) yüksek besleyicilik özelliğinden dolayı tercih edilmekle birlikte diğer yem bitkilerine göre; yeşil, etli yaprakları ve gövdelerini hızlı yenilenme gücü nedeniyle bu bitki "yem bitkilerinin kralı" olarak adlandırılmaktadır. İskenderiye üçgülü uzun bir sezon yeşil yem elde edilebilmesi ve birden fazla kesim yapılabilmesi gibi özellikleri ile ruminant hayvanların beslenmesinde çok önemli bir besin kaynağıdır (Açıkbaş ve Özyazıcı, 2022a; Jabbar ve ark., 2022; Mahesha ve ark., 2022; Yadav ve ark., 2022). Ayrıca, bu belirtilen önemli özelliklerine ek olarak, süt sığırlarında süt artırıcı yönü ile de ön plana çıkmaktadır (Pathak ve ark., 2015; Praveen ve ark., 2022).

Sağlıklı hayvansal ürün elde edilmesi için hayvanların kaliteli yem tüketmeleri ile doğrudan ilişkili olduğundan (Bıçakçı ve Açıkbaş, 2018), iskenderiye üçgülü mineral içeriği zengin, sindirilebilirliği yüksek, oldukça lezzetli, yüksek protein içeriği, toprak verimliliğini artırma potansiyeli gibi özellikleri ile ruminantlar için önemli ve popüler yemlerden biridir (Hackney ve ark., 2007; Garg ve ark., 2016; Roy ve ark., 2019; Khanduri ve ark., 2021). Ayrıca, diğer bazı baklagil yem türlerinin aksine geviş getiren hayvanlarda şişkinliğe neden olmaması ile de ön plana çıkmaktadır (Daneshnia ve ark., 2016).

Tuzluluk, kurak ve yarı kurak bölgelerde bitkisel üretimi sınırlayan en önemli faktörlerin başında gelmektedir. Özellikle tohum çimlenmesi ve çimlenme sonrası fide aşamaları, bitki gelişiminde kritik aşamalardır. Bu dönemler özellikle bitkilerin tuzluluğa en hassas olduğu aşamalardır (Acikbas ve ark., 2021). Bu bilgiyi destekler nitelikte yapılan birçok çalışmalarda, tuz konsantrasyonların bitkiye göre yoğunluğu değişmekle birlikte, tohum çimlenmesini engellediği ve çimlenen tohum yüzdesini azalttığı rapor edilmiştir (Khan ve Weber, 2008; Ceritoğlu ve Erman, 2020; Özyazıcı ve Açıkbaş, 2021). Tuzluluğun etkileri öncelikle genç yapraklarda daha sonra çok yaşlı yapraklarda iyon toksisitesi (Munns and Tester, 2008), mineral besin maddelerinin alımının azalması (Xu et al., 2016), yavaş ve yetersiz çimlenme (Ekmekçi et al., 2005) gibi birtakım fizyolojik, morfolojik ve biyokimyasal olaylarla ortaya çıkar.

Tuzluluk stresine olan dayanıklılık bitkiden bitkiye farklılık göstermektedir. Bu nedenle tuzluluk problemi olan tarım alanları için tuzlu koşullara daha iyi yetişebilen tür ve çeşitlerin belirlenmesi zorunluluk haline gelmiştir (Özyazıcı ve Açıkbaş, 2021). Bu çalışmanın amacını, tuz stresinin İskenderiye üçgülü (*T. alexandrinum* L.) bitkisinin çimlenme ve fide gelişimi üzerine etkilerinin belirlenmesi oluşturmaktadır.

2. MATERYAL VE YÖNTEM

Araştırma, Siirt Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarla Bitkileri Bölümü Laboratuvarı'nda kontrollü şartlar altında yürütülmüştür. Bitkisel materyal olarak, İskenderiye üçgülü (*T. alexandrinum* L.) bitkisinin "Efsane" çeşidi kullanılmıştır.

Çalışmada, tuzun (NaCl); 0, 50, 100, 150 ve 200 mM dozları araştırmanın konusunu oluşturmuştur. Laboratuvar denemesi, tesadüf parselleri deneme desenine göre 4 tekerrürlü olarak kurulmuştur. Her bir tekerrür için 50 adet tohum kullanılmıştır. Tüm uygulamalarda tohumlar 1 dakika % 70 etil alkolde steril edildikten sonra 3 defa steril su ile durulanmıştır. Daha sonra tohum yüzeyindeki mikroorganizmaların deforme olması için 1 dakika % 10'luk sodyum hipoklorit (NaOCl) + % 0.01 tween20 solüsyonu ile tohumları kaplayacak şekilde yüzey strerilizasyonu gerçekleştirilmiştir. Steril hale gelen tohumlar Petri (90 mm x 15 mm) kaplarında bulunan iki katlı Whatman filtre kâğıdının arasına yerleştirilmiştir.

Beş farklı konsantrasyonda hazırlanan tuz dozları, her bir Petri kabına 3 ml olacak şekilde uygulanmıştır. Petri kapları 25±1 ^{o}C sıcaklığa ayarlı etüv (BINDER, GmbH, Almanya)'de çimlenmeye bırakılmıştır. Çalışmanın bittiği güne kadar 48 saatte bir kuruluk durumuna göre 3 ml uygun tuz dozu Petri kaplarına ilave edilmiştir. Çalışmada, 24 saate 1 kez olacak şekilde

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

tohumlar sayılmıştır. Deneme 7. günün sonunda her bir Petri kabındaki bitkilerden rastgele seçilen 10 bitki üzerinden fide yaş ağırlığı ölçümü yapılmıştır. Çalışmada, ayrıca; çimlenme oranı, ortalama çimlenme süresi, çimlenme üniformite katsayısı, çimlenme indeksi, çimlenme enerjisi ve fide güç indeksi özellikleri incelenmiştir.

Çimlenme oranı parametresi, her 12 saatte bir çimlenen tohumlar sayılarak Scott ve ark. (1984)'nın kullandığı Eşitlik 1'e göre belirlenmiştir.

Çimlenme oranı= ($NÇTS/TS$)x100 (1)

Eşitlikte $NÇTS$, normal çimlenen tohum sayısını; TS, kullanılan toplam tohum sayısını ifade etmektedir.

Ortalama çimlenme süresi genel olarak tohumların çimlendiği günü belirlemede kullanılmakta olup, Eşitlik 2'ye göre hesaplanmıştır (Ellis ve Roberts, 1981).

Ortalama çimlenme süresi= $\sum(N_i T_i / N_i)$ (2)

Burada N_i, T_i gününde çimlenen tohum sayısını; T_i, çimlenmenin başlangıcından itibaren geçen günlerin sayısını ifade etmektedir.

Çimlenme indeksi Eşitlik 3 (Wang ve ark., 2004), çimlenme üniformite katsayısı Eşitlik 4 (Bewely ve Black, 1994), çimlenme enerjisi Eşitlik 5 (Li ve ark., 2020) ve fide güç indeksi Eşitlik 6 (Kalsa ve Abebie, 2012) yardımıyla hesaplanmıştır.

Çimlenme indeksi= $\sum(G_i/T_t)$ (3)

Eşitlikte G_i, i. gündeki çimlenme oranı ve T_t, çimlenme süresinin günleridir.

Çimlenme üniformite katsayısı= $\sum n / \sum[(\text{OÇS}-t)^2 n]$ (4)

Eşitlikte t, ekim günü olan 0. günden başlayarak gün cinsinden süreyi; n, t gününde çimlenmeyi tamamlayan tohum sayısını ifade etmektedir.

Çimlenme enerjisi= (T_1/N)x100 (5)

Eşitlikte T_1, birinci günde çimlenen tohum sayısını; N, toplam tohum sayısını ifade etmektedir.

Fide güç indeksi= Çimlenme oranı x fide yaş ağırlık (g) (6)

Elde edilen veriler, tesadüf parselleri deneme desenine göre varyans analizine tabi tutulmuş, F testi sonuçlarına göre gruplar arasındaki farklılıklar TUKEY çoklu karşılaştırma testi ile belirlenmiştir (Açıkgöz ve Açıkgöz, 2001).

3. BULGULAR VE TARTIŞMA

İskenderiye üçgülünde farklı tuz konsantrasyonlarındaki bazı çimlenme ve fide gelişim parametrelerine ilişkin bulgular Çizelge 1'de verilmiştir.

İncelene tüm çimlenme ve fide gelişim parametrelerine tuz konsantrasyonlarının etkisi istatistiki anlamda $p<0.01$ düzeyinde önemli olmuştur. Çalışmada, tuz konsantrasyonlarının artışına bağlı olarak çimlenme yüzdesinin azaldığı, en yüksek çimlenme oranı değerinin % 98.7 ile tuzun uygulanmadığı kontrol grubunda saptandığı görülmüştür. En düşük çimlenme oranı ise tuzun en yüksek dozda uygulandığı 200 mM konsantrasyonda (% 9.3) tespit edilmiştir.

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

Çimlenme yüzdesi bakımından tuz stresinin anlamlı etkileri 100 mM tuz konsantrasyonundan itibaren görülmeye başlanmıştır (Çizelge 1).

Ortalama çimlenme süresi değerlendirildiğinde, en hızlı çimlenmeler tuz stresinin yaşanmadığı kontrol grubunda 1.07 gün olarak belirlenmiştir. Kontrol grubu ile 50 ve 100 mM tuzun uygulandığı gruplarda ortalama çimlenme süresi bakımından istatistiksel olarak farksız bulunmuştur. En geç çimlenmeler ise 150 ve 200 mM tuz konsantrasyonlarında sırasıyla 2.90 gün ve 3.73 gün olarak belirlenmiştir. Artan tuz konsantrasyonları çimlenme süresini olumsuz etkileyerek çimlenmeyi 150 mM tuz konsantrasyonundan itibaren istatistiksel olarak anlamlı şekilde etkilemiştir (Çizelge 1).

Çizelge 1. İskenderiye üçgülünün çimlenme ve fide gelişim özelliklerine farklı tuz konsantrasyonlarının etkisi*

İncelenen parametreler	Tuz konsantrasyonları					Önemlilik düzeyi
	0 mM	50 mM	100 mM	150 mM	200 mM	
Çimlenme yüzdesi (%)	98.7 a	94.7 a	74.7 b	29.3 c	9.3 d	0.0001
Ortalama çimlenme süresi (gün)	1.07 b	1.33 b	1.77 b	2.90 a	3.73 a	0.0001
Çimlenme üniformite katsayısı	92.4 a	71.7 b	43.7 c	10.2 d	2.4 d	0.0001
Çimlenme enerjisi	94.7 a	80.0 a	45.3 b	4.0 c	1.3 c	0.0001
Çimlenme indeksi	24.0 a	21.3 a	14.2 b	3.2 c	0.9 c	0.0001
Fide yaş ağırlığı (mg)	50.6 a	46.5 a	34.5 b	22.7 c	6.8 d	0.0001
Fide güç indeksi	4.99 a	4.40 a	2.57 b	0.65 c	0.07 c	0.0001

*: Aynı satırda aynı harfle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılık istatistiki açıdan önemli değildir.

Çimlenme üniformite katsayısı parametresi değerlerine tuz stresinin etkisi ile kontrol grubunda en iyi değer (92.4) elde edilirken, tuzun artışına bağlı olarak bu değerler anlamlı azalma göstermiş ve 150 ve 200 mM tuz konsantrasyonlarında en düşük değerlere ulaşılmıştır. Tuz stresinin ilk yaşandığı doz olan 50 mM tuz konsantrasyonunda bile istatistiksel olarak anlamlı azalmalar görülmüştür (Çizelge 1).

Çimlenme enerjisi ve indeksi özellikleri beraber değerlendirildiğinde, en yüksek sonuçlar kontrol grubu ve 50 mM tuz konsantrasyonunda elde edilirken, en düşük değerler ise 150 ve 200 mM tuz konsantrasyonlarında elde edilmiştir. Artan tuz konsantrasyonları 100 mM tuz dozundan itibaren çimlenme enerjisi ve çimlenme indeksi parametreleri istatistiksel olarak etkilemeye başlamıştır (Çizelge 1).

Erken dönem fide gelişim parametrelerinden olan fide yaş ağırlığı ve fide güç indeksi özellikleri bakımından tuz konsantrasyonlarının etkisi istatistiksel olarak 100 mM tuz dozundan itibaren olumsuz etkiler göstermiştir. En yüksek fide yaş ağırlığı ve fide güç indeksi değerleri sırasıyla 0 mM tuz dozunda 50.6 mg-4.99 ve 50 mM tuz dozunda 46.5 mg-4.40 olarak belirlenmiştir. En düşük fide yaş ağırlığı en yüksek tuz dozu olan 200 mM tuz konsantrasyonunda 6.8 mg olarak tespit edilmiştir. En düşük fide güç indeksi değerleri ise 150 mM (0.65) ve 200 mM (0.07) tuz konsantrasyonlarında elde edilmiştir. Artan tuz konsantrasyonları bağlı olarak fide parametrelerinin gelişimleri olumsuz yönde etkilenmiştir (Çizelge 1).

Bitkilerde tuzluluğun stresinin etkilerinin incelendiği çalışmalardan burçak (Özyazıcı ve Açıkbaş, 2022b), kinoa (Beyazçiçek ve Yılmaz, 2020), yem bezelyesi (Demirkol ve ark., 2019),

çemen (Özyazıcı ve Açıkbaş, 2021), nohut ve bezelye (Dadaşoğlu ve ark., 2020) bitkilerinde tuzun etkisine bağlı olarak çimlenme yüzdesinin azalttığı bildirilmiştir.

Farklı bitki tür/çeşitleri ile yapılan çalışmalarında çimlenme özelliklerinden çimlenme üniformite katsayısı, çimlenme indeksi, çimlenme enerjisi ve fide gelişim parametrelerinden fide yaş ağırlığı ve fide güç indeksi parametrelerinde tuz stresine bağlı olarak farklı tuz yoğunluklarında azalmalar olduğu ve aynı zamanda artan tuz konsantrasyonuna bağlı olarak ortalama çimlenme süresinin daha geç olduğu rapor edilmiştir (Khalid ve ark., 2001; Atış, 2011; Doğan ve Çarpıcı, 2016; Güngör ve ark., 2017; Kuşçu ve ark., 2018; Öner ve ark., 2018; Açıkbaş ve ark., 2023).

4. SONUÇ

İskenderiye üçgülünde beş farklı tuz konsantrasyonunun, çimlenme ve erken fide gelişimi üzerine etkisini belirlemek amacıyla yürütülen bu araştırmada; tuzluluğun, çimlenme ve fide parametrelerinde önemli oranda olumsuz yönde etkilere neden olduğu sonucuna varılmıştır. İncelenen tüm çimlenme ve fide gelişim özelliklerinde genel olarak tuzluluğun olumsuz etkileri 100 mM dozunda başlamıştır. Düşük tuz yoğunluğu olan 50 mM konsatrasyonlara İskenderiye üçgülünün dayanıklı olduğu belirlenmiştir. Tuzluluk problemi yaşanan topraklarda İskenderiye üçgülünün yetiştiriciliğinde çimlenme ve fide aşamalarında sorunlar yaşanabileceği düşünülmektedir.

KAYNAKÇA

Acikbas, S., Ozyazici, M. A., Bektas, H. 2021. The effect of salinity on root architecture in forage pea (*Pisum sativum* ssp. *arvense* L.). Legume Research-An International Journal, 44(4), 407-412.

Açıkbaş, S.**,** Özyazıcı, M.A., 2022a. Berseem (*Trifolium alexandrinum* L.). In: Y. Karadağ and S. Seydoşoğlu, *Legumes,* Iksad Publications, December, Ankara, Turkey, pp. 173-186.

Açıkbaş, S., Özyazıcı, M.A., 2022b. Tuz stresi altındaki burçak (*Vicia ervilia* L.) bitkisinin çimlenme ve fide gelişimi. 5. Uluslararası Fen Bilimleri ve İnovasyon Kongresi, 11-12 Kasım, Ankara. s. 190-197.

Açıkbaş, S., Özyazıcı, M. A., Bıçakçı, E., Özyazıcı, G. 2023. Germination and Seedling Development Performances of Some Soybean (*Glycine max* (L.) Merrill) Cultivars Under Salinity Stress. Turkish Journal of Range and Forage Science, 4(2), 108-118.

Açıkgöz, N., Açıkgöz, N., 2001. Tarımsal araştırmaların istatistiki değerlendirilmesinde yapılan bazı hatalar: I. Tek faktörlü denemeler. Anadolu, 11(1), 135-147.

Atış, İ., 2011. Bazı silajlık sorgum (*Sorghum bicolor* L. Moench) çeşitlerinin çimlenmesi ve fide gelişimi üzerine tuz stresinin etkileri. Ziraat Fakültesi Dergisi, 6(2), 58-67.

Bewely, J., Black, M., 1994. Seeds: Physiology of Development and Germination, New York.

Beyazçiçek, H., Yılmaz, Ş. 2020. Bazı yabancı orjinli kinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) çeşitlerinde tuz stresinin çimlenme ve erken fide gelişimi üzerine etkisi. Mustafa Kemal Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi, 25(2), 159-168.

Bıçakçı, E., Açıkbaş, S. 2018. Bitlis ilindeki kaba yem üretim potansiyelinin hayvan varlığına göre yeterliliğinin belirlenmesi. Bitlis Eren Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi, 7(1), 180-185.

Ceritoğlu, M., Erman, M. 2020. Mitigation of salinity stress on chickpea germination by salicylic acid priming. International Journal of Agriculture and Wildlife Science, 6(3), 582-591.

Dadaşoğlu, E., Ekinci, M., Yıldırım, E. 2020. Effects of salt stress on seed germination of chickpea (*Cicer arietinum* L.) and Pea (*Pisum sativum* L.). Atatürk University Journal of Agricultural Faculty, 51(1), 53-62.

Daneshnia, F., Amini, A., Chaichi, M.R. 2016. Berseem clover quality and basil essential oil yield in ıntercropping system under limited ırrigation treatments with surfactant. Agric. Water Manage, 164, 331-339.

Demirkol, G., Yılmaz, N., Önal Aşcı, Ö. 2019. Tuz stresinin yem bezelyesi (*Pisum sativum* ssp. *arvense* L.) seçilmiş genotipinde çimlenme ve fide gelişimi üzerine etkileri. KSÜ Tarım ve Doğa Dergisi, 22(3), 354-359.

Doğan, R., Çarpıcı, E.B., 2016. Farklı tuz konsantrasyonlarının bazı tritikale hatlarının çimlenmesi üzerine etkileri. KSÜ Doğa Bilimleri Dergisi, 19(2), 130-135.

Ekmekçi, E., Apan, M., Kara, T., 2005. The effect of salinity on plant growth. Anadolu Journal of Agricultural Sciences, 20(3), 118-125.

Ellis, R.A., Roberts, E.H., 1981. The quantification of ageing and survival in orthodox seeds. Seed Science and Technology, 9(2), 373-409.

Garg, R., Shankar, R., Thakkar, B., Kudapa, H., Krishnamurthy, L., Mantri, N., Varshney, R.K., Bhatia, S., Jain, M. 2016. Transcriptome analyses reveal genotype- and developmental stage-specific molecular responses to drought and salinity stresses in chickpea. Scientific Reports, 6, 19228.

Güngör, H., Çıkıllı, Y., Dumlupınar, Z. 2017. Bazı ticari ve yerel yulaf genotiplerinin çimlenme ve fide gelişimi üzerine tuz stresinin etkileri. Doga Bilimleri Dergisi, 20, 263.

Hackney, B., Dear, B., Crocker, G. 2007. Berseem clover. New South Wales Department of Primary Industries, Primefacts, N°388.

Jabbar, A., Shah, A., Basit, A., Ahmad, G., Khan, A. A., Raza, S., Sultan, M., Bazmi, A., Niazi, I.A.K., Hussain, A. 2022. Optimisation of sowing method for seed production in berseem (*Trifolium alexandrinum*). Pakistan Journal of Agricultural Research, 35(1), 52-57.

Kalsa, K.K., Abebie, B., 2012. Influence of seed priming on seed germination and vigor traits of *Vicia villosa* ssp, d*asycarpa* (Ten.), African Journal of Agricultural Research, 7(21), 3202-3208.

Khalid, M.N., Iqbal, H.F., Tahir, A., Ahmad, A.N., 2001. Germination potential of chickpeas (*Cicer arietinum* L.) under saline conditions. Pakistan Journal of Biological Sciences, 4, 395-396.

Khan, M. A., Weber, D. J. 2008. Ecophysiology of High Salinity Tolerant Plants (Tasksfor Vegetation Science), 1st ed. Springer, Amsterdam.

Khanduri, J., Sinha, V. B., Rautela, I., Rayal, R., Dev, M. 2021. Fluctuation in germination on exposure to salt stress in *Trifolium alexandrium* L. in Cultivars. Journal of Mountain Research, 16(3), 49-56.

Kuşçu, H. , Çayğaracı, A., Ndayizeye, J.D.D., 2018. Tuz stresinin bazı kinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) çeşitlerinin çimlenme özellikleri üzerine etkisi. Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 32 (1), 89-99.

Li, W., Zhang, H., Zeng, Y., Xiang, L., Lei, Z., Huang, Q., Li, T., Shen, F., Cheng, Q., 2020. A salt tolerance evaluation method for sunflower (*Helianthus annuus* L.) at the seed germination stage. Scientific Reports, 10 (1), 1-9.

Mahesha, H. S., Keerthi, M. C., Manjunatha, N., Vinaykumar, H. D., Singh, T., Bhargavi, H. A., Yadav, V. K. 2022. Occurrence of collar rot on berseem (*Trifolium alexandrinum* L.) caused by Sclerotium rolfsii and its molecular characterization in India. Archives of Phytopathology and Plant Protection, 55(1), 89-97.

Munns, R., Tester, M., 2008. Mechanisms of salinity tolerance. Annual Review of Plant Biology, 59, 651-681.

Öner, F., Özkorkmaz, F., Yılmaz, N., 2018. Tuz stresi altında gibberellik asit uygulamalarının yulafta bazı çimlenme parametreleri üzerine etkisi. *International Journal of Agricultural and Natural Sciences*, 1(1), 33-35.

Özyazıcı, G., Açıkbaş, S. 2021a. Çemen (*Trigonella foenum-graecum* L.) bitkisinin tuz stresi altında çimlenme özelliklerinin belirlenmesi, International Hazar Scientific Research Congress-II, 10-12 Nisan, s. 347-353, Bakü, Azerbaycan.

Pathak, S., Malaviya, D.R., Roy, A.K., Dwivedi, K., Kaushal, P. 2015. Multifoliate leaf formation in ınduced tetraploids of *Trifolium alexandrinum* L. Cytologia, 80(1), 59-66.

Praveen, B. R., Singh, M., Chethan, B. R. T., Kashyap, S., Reddy, M. B. 2022. Scientific berseem cultivation for fodder and seed production. Vigyan Varta, 3(7), 71-74.

Roy, A.K., Agrawal, R.K., Bhardwaj, N.R., Mishra, A.K., Mahanta, S.K. 2019. Revisiting National Forage Demand and Availability, 1-21.

Scott, S.J., Jones, R.A., Williams, W.A., 1984. Review of data analysis methods for seed germination. Crop Science, 24, 1192-1199.

Wang, Y.R., Yu, L., Nan, Z.B., Liu, Y.L., 2004. Vigor tests used to rank seed lot quality and predict field emergence in four forage species. Crop Sciences, 44(2), 535-541.

Williams, W.M., Verry, I.M., Ansari, H.A., Hussain, S.W., Ullah, I., Ellison, N.W., 2019. A Eurasia-wide polyploid species complex involving 6 x Trifolium ambiguum , 2 x T . occidentale and 4 x T . repens produces interspecific hybrids with significance for clover breeding, 1-12.

Xu, G., Zhang, Y., Sun, J., Shao, H., 2016. Negative interactive effects between biochar and phosphorus fertilization on phosphorus availability and plant yield in saline sodic soil. Science of The Total Environment, 568, 910-915.

Yadav, K. K., Lakra, A., Verma, S. K., Sharma, K. K. 2022. Induction of polyploidy to check the effect of polyploidization over the diploid wild ones in Berseem (*Trifolium alexandrinum* L.). The Pharma Innovation Journal, 11(7), 373-380.

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

SALİSİLİK ASİT PRİMİNG UYGULAMALARININ SİNİR OTU (*Plantago ovata* L.) BİTKİSİNİN ÇİMLENME VE FİDE GELİŞİM PARAMETRELERİNE ETKİSİ

Dr. Öğr. Üyesi Semih AÇIKBAŞ

Siirt Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü
semihacikbas@siirt.edu.tr orcid.org/0000-0003-4384-3908

ÖZET

Bu çalışmada, sinir otu (*Plantago ovata* L.) tohumlarına salisilik (SA) ön uygulamasının bazı çimlenme ve fide gelişimi üzerine etkilerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Araştırma; Siirt Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Laboratuvarı'nda, 25±1 °C'de kontrollü şartlar altında yürütülmüştür. Çalışmanın bitkisel materyalini Hindistan orijinli *P. ovata* genotipi oluşturmuştur. Laboratuvar çalışması, tesadüf parselleri deneme desenine göre 4 tekrarlamalı olarak petri kaplarında kurulmuştur. Çalışmada; salisilik asitin 0.25 mM (SA_1), 0.50 mM (SA_2), 1.0 mM (SA_3) ve 2.0 mM (SA_4) olmak üzere 4 farklı dozu ve salisilik asit uygulanmayan kontrol (K) ve saf su ile priming (hidropriming) uygulamaları araştırmanın konusunu teşkil etmiştir. Çalışmada, kurulduğu günden itibaren 24 saatte bir olacak şekilde çimlenen tohumlar sayılmış ve 7. günde sonlandırılmıştır. Çalışmada çimlenme parametrelerinden; çimlenme yüzdesi, ortalama çimlenme süresi, çimlenme üniformite katsayısı, çimlenme indeksi ve çimlenme enerjisi ile fide parametrelerinden fide yaş ağırlığı ve fide güç indeksi özellikleri incelenmiştir. Araştırma sonuçlarına göre, SA uygulamalarının incelenen çimlenme parametreler üzerine anlamlı etkiler yaptığı görülmüştür. Tohum ön hazırlama ile SA uygulamasının *P.ovata* bitkisinde çimlenme üzerine olumlu etkiler yaptığı, kontrole göre çimlenme yüzdesini artırdığı ve ortalama çimlenme süresini azaltarak çimlenmeyi hızlandırdığı sonucuna varılmıştır. Salisilik asidin 0.25 mM dozu, tüm çimlenme ve fide gelişim parametrelerinde en etkili doz olduğu söylenebilir. Araştırma sonucunda, salisilik asidin özellikle 0.50 mM dozundan sonraki dozlarda sinir otu bitkisinin çimlenme ve fide gelişim parametrelerinde olumsuz etkiler yaptığını söylemek mümkündür.

Anahtar Kelimeler: *Plantago ovata* L. salisilik asit, çimlenme yüzdesi, fide güç indeksi

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

EFFECT OF SALICYLIC ACID PRIMING ON GERMINATION AND SEEDLING PARAMETERS OF PSYLLIUM (*Plantago ovata* L.)

ABSTRACT

The aim of this study is to determine the effects of salicylic acid (SA) priming on the germination and seedling development of psyllium (*Plantago ovata* L.) seeds. The research was conducted at the Field Crops Laboratory of the Faculty of Agriculture, Siirt University, under controlled conditions at 25±1 °C. The plant material of the study consisted of *P. ovata* genotype originating from India. The laboratory study was set up in Petri dishes with 4 replications according to randomized complete plots design. In the study, four different doses of salicylic acid, namely 0.25 mM (SA_1), 0.50 mM (SA_2), 1.0 mM (SA_3), and 2.0 mM (SA_4), as well as a control (C) without salicylic acid and priming with distilled water (hydropriming), constituted the subject of the research. In the study, seeds germinated every 24 hours from the day of establishment were counted, and the experiment was concluded on the 7th day. At the end of the research, seedling fresh weight was determined based on 10 randomly selected plants from each Petri dish. Germination parameters such as germination percentage, average germination time, germination uniformity coefficient, germination index, and germination energy, as well as seedling parameters such as seedling fresh weight and seedling vigor index, were investigated in the study. According to the research results, SA treatments had significant effects on the germination parameters examined. It was concluded that SA application, as a simple and cost-effective seed pre-treatment method, had positive effects on the germination of psyllium, increased the germination percentage compared to the control, and accelerated germination by reducing the mean germination time. It can be said that the 0.25 mM dose of salicylic acid is the most effective dose for all germination and seedling growth parameters. As a result of the research, it is possible to state that salicylic acid, especially at doses above 0.50 mM, has negative effects on the germination and seedling growth parameters of psyllium.

Keywords: *Plantago ovata* L., salicylic acid, germination percentage, seedling vigor index

1. GİRİŞ

Plantago cinsi dünya üzerinde ılıman bölgelere ve tropiklerdeki dağlarda yayılış göstermektedir (Heywood ve ark., 2007). *Plantago* cinsinin bazı taksonları ilaç ve gıda maddesi olarak kullanılmaktadır. *Plantago* türlerinin, tıbbi ve ekonomik kullanımları için de dünya genelinde yaygın olarak toplanmakta ve bu anlamda da birçok araştırmalara (Kartini ve ark., 2017; Eldesoky ve ark., 2018; Farcas ve ark., 2019) konu olmaktadır. Önemli bir sekonder metabolit kaynağı olan *Plantago ovata* apigenin ve kaempferol metabolitlerinin bitkinin tüm gelişim aşamalarında her yerde tespit edildiğini rapor etmişlerdir (Khan ve ark., 2021). Sinir otu bitkisinin; tohum, yaprak, çiçek ve kök gibi aksamlarında; flavonoidler, alkaloidler, terpenoidler, steroidler, tanenler, fenolik bileşikler, iridoid glikozitler, yağ asitleri,

polisakkaritler ve vitaminler dahil olmak üzere çeşitli biyoaktif bileşikler bulunmaktadır (Adom ve ark., 2017; Mondal ve ark., 2021).

Bitkisel hormonlar, bitkide çeşitli gelişim süreçlerini etkilemek amacıyla sinyal gönderen küçük yapılı bileşiklerdir (Costacurta ve Vanderleyden, 1995). Fitohormonların bitki bünyesinde bulunması, çimlenmeden olgunluğa kadar gelişen her süreçte kritik bir öneme sahiptir (Ceritoğlu ve ark., 2021). Hormonal priming tekniğinde tohumlar ön uygulama olarak farklı hormonların çeşitli konsantrasyonlarda hazırlanan solüsyonlarında bekletilir. Hormonal priming uygulaması, çimlenme sürecini kökçük çıkışı olmaksızın başlatırken, savunma sistemlerini aktive etmektedir (Sytar ve ark., 2019). Bitkisel hormonlardan birisi olan, salisilik asit; bitki büyümesini etkileyen, fizyolojik süreçleri düzenleyen, bitkinin biyotik strese karşı direncinde önemli rol oynamaktadır (Farhangi-Abriz ve Ghassemi-Golezani, 2016; Dempsey ve Klessig, 2017). Salisilik asit; özellkile stoma düzenlemesinde (Morris ve ark., 2000; Barros ve ark., 2019), bitkilerde tohum çimlenmesinde (Shakirova ve ark., 2003; Kim ve Lee, 2013), bitki su stresi toleransı mekanizmasında (Ashraf ve Foolad, 2007), kök ve üst aksama etkide (Khodary, 2004; Stevens ve ark., 2006) ön plana çıkmaktadır. Ayrıca Chakma ve ark. (2021) salisilik asitin tohum ön uygulama materyali olarak kullanılabileceğini vurgulamışlardır.

Bu çalışmada, Sinir otu (*P. ovata* L.) tohumlarına salisilik asit ön tohum uygulamasının bazı çimlenme ve fide gelişimi üzerine etkilerinin belirlenmesi amaçlanmıştır.

2. MATERYAL VE YÖNTEM

Araştırma, Siirt Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarla Bitkileri Bölümü Laboratuvarı'nda yürütülmüştür. Bitkisel materyal olarak Hindistan orijinli *P. ovata* L. genotipi kullanılmıştır.

Dört farklı salisilik asit dozu [0.25 mM (SA_1), 0.5 mM (SA_2), 1.0 mM (SA_3) ve 2.0 mM (SA_4)] ile ön uygulama yapılmayan kontrol ve hidropriming konuları araştırmada konu olarak ele alınmıştır. Çalışma, tesadüf parselleri deneme desenine göre 4 tekerrürlü olarak yürütülmüştür. Her tekerrür için 50 adet tohum kullanılmıştır. Tohumlar 1 dakika % 70 etil alkolde steril edildikten sonra 3 defa saf su ile durulanmıştır. Steril hale gelen tohumlar petri (90 mm x 15 mm) kaplarında bulunan iki katlı Whatman's filtre kâğıdının arasına yerleştirilmiştir. Dört farklı konsantrasyonda hazırlanan SA solüsyonları, her bir Petri kabına 5 ml olacak şekilde uygulanmış ve 24 saat süreyle bekletilmiştir. Her bir Petri kabına tohum/solüsyon oranı 2:1 g/ml olacak şekilde ayarlanmıştır (Johnson ve ark., 2005). Tohum ön uygulamaları sonrası tohumlar saf su ile tüm yüzey temizlenecek şekilde yıkanmış ve kurutma kağıdı içerisinde önce kabaca kurutulmuş; daha sonra tekrar kuru filtre kağıdı arasına alınarak başlangıç nemine kadar (% 3±) kurutulmuştur (Jatana ve ark., 2020).

Priming uygulanan tohumlar ile ön uygulama yapılmayan tohumlar yeni Petrilere yerleştirilmiş ve Petri kapları 25±1 ^{o}C sıcaklığa ayarlı etüvde çimlenmeye bırakılmıştır. Çalışmada, her gün aynı saatte çimlenen tohumlar sayılmıştır. Çalışmanın bittiği güne kadar 48 saatte bir (nemlilik durumuna göre) Petrilerdeki tohumlara saf su ilave edilmiştir.

Deneme 7. günün sonunda her bir Petri kabındaki bitkilerden rastgele seçilen 10 bitki üzerinden fide yaş ağırlığı ölçümü yapılmıştır. Çalışmada, ayrıca; çimlenme yüzdesi, ortalama

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

çimlenme süresi, çimlenme üniformite katsayısı, çimlenme enerjisi, çimlenme indeksi ve fide güç indeksi özellikleri incelenmiştir.

Çimlenme yüzdesi parametresi, her 24 saatte bir çimlenen tohumlar sayılarak Scott ve ark. (1984)'nın kullandığı Eşitlik 1'e göre belirlenmiştir.

Çimlenme yüzdesi= ($NÇTS/TS$)x100 (1)

Eşitlikte $NÇTS$, normal çimlenen tohum sayısını; TS, kullanılan toplam tohum sayısını ifade etmektedir.

Ortalama çimlenme süresi genel olarak tohumların çimlendiği günü belirlemede kullanılmakta olup, Eşitlik 2'ye göre hesaplanmıştır (Ellis ve Roberts, 1981).

Ortalama çimlenme süresi (OÇS)= $\sum(N_i T_i / N_i)$ (2)

Burada N_i, T_i gününde çimlenen tohum sayısını; T_i, çimlenmenin başlangıcından itibaren geçen günlerin sayısını ifade etmektedir.

Çimlenme indeksi Eşitlik 3 (Wang ve ark., 2004), çimlenme üniformite katsayısı Eşitlik 4 (Bewely ve Black, 1994), çimlenme enerjisi Eşitlik 5 (Li ve ark., 2020) ve fide güç indeksi Eşitlik 6 (Kalsa ve Abebie, 2012) yardımıyla hesaplanmıştır.

Çimlenme indeksi= $\sum(G_i/T_t)$ (3)

Eşitlikte G_i, i. gündeki çimlenme oranı ve T_t, çimlenme süresinin günleridir.

Çimlenme üniformite katsayısı= $\sum n / \sum[(\text{OÇS}-t)^2 n]$ (4)

Eşitlikte t, ekim günü olan 0. günden başlayarak gün cinsinden süreyi; n, t gününde çimlenmeyi tamamlayan tohum sayısını ifade etmektedir.

Çimlenme enerjisi= (T_1/N)x100 (5)

Eşitlikte T_1, birinci günde çimlenen tohum sayısını; N, toplam tohum sayısını ifade etmektedir.

Fide güç indeksi= Çimlenme oranı x fide yaş ağırlık (g) (6)

Elde edilen veriler, tesadüf parselleri deneme desenine göre varyans analizine tabi tutulmuş, F testi sonuçlarına göre gruplar arasındaki farklılıklar TUKEY çoklu karşılaştırma testi ile belirlenmiştir (Açıkgöz ve Açıkgöz, 2001).

3. BULGULAR VE TARTIŞMA

Sinir otu tohumlarına farklı konsantrasyonlarda salisilik asit priming uygulamaları sonucunda elde edilen çimlenme ve fide gelişim özelliklerine ait veriler Çizelge 1'de verilmiştir. Araştırmada incelenen tüm çimlenme ve fide gelişim özellikleri yönünden uygulamalar arasında anlamlı ($p<0.01$) farklılıklar bulunmuştur (Çizelge 1).

Çimlenme yüzdesi incelendiğinde, en yüksek değer SA_1 uygulamasında (% 96.0) tespit edilmiştir. En düşük çimlenme yüzdesi salisilik asit priming uygulaması en fazla olduğu SA_4 dozunda (% 4.0) belirlenmiştir. Kontrole göre çimlenme yüzdesi SA_1 uygulamasında en iyi

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

değerlere ulaşırken artan salisilik asit konsantrasyonlarında anlamlı azalmalar meydana gelmiştir. Özellikle SA_3 ve SA_4 uygulamalarında toksik etki meydana getirmiş, buna bağlı olarak da çimlenme yüzdesini düşürmüştür (Çizelge 1).

Çizelge 1. Sinir otu tohumlarının çimlenme ve fide gelişim özelliklerine salisilik asit priming uygulamalarının etkisi*

İncelenen parametreler	Salisilik asit (SA) dozları						Önemlilik düzeyi
	K	HP	SA_1	SA_2	SA_3	SA_4	
Çimlenme yüzdesi (%)	79.3 d	90.7 b	96.0 a	84.7 c	9.3 e	4.0 f	0.0001
Ortalama çimlenme süresi (gün)	2.6 bc	1.13 c	1.03 c	1.03 c	3.1 ab	4.7 a	0.0002
Çimlenme üniformite katsayısı	31.4 b	80.8 a	89.9 a	79.8 a	3.1 c	0.9 c	0.0001
Çimlenme enerjisi	7.3 c	81.3 b	90.0 a	80.7 b	2.0 c	0.7 c	0.0001
Çimlenme indeksi	18.1 b	42.8 a	46.4 a	41.2 a	2.1 c	0.7 c	0.0001
Fide yaş ağırlığı (mg)	16.7 b	18.7 b	25.0 a	18.9 b	3.0 c	0.7 c	0.0001
Fide güç indeksi	1.32 c	1.70 b	2.40 a	1.60 bc	0.03 d	0.01 d	0.0001

*: Aynı satırda aynı harfle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılık istatistiki açıdan önemli değildir, K: Kontrol, HP: Hidropriming, SA_1: 0.25 mM, SA_2: 0.5 mM, SA_3: 1.0 mM, SA_4: 2.0 mM salisilik asit dozu

Ortalama çimlenme süresi yönünden baktığımızda, salisilik asit SA_1 ve SA_2 uygulamaları ile hidropriming uygulamalarının kontrole göre çimlenmeleri istatistiksel olarak anlamlı olacak şekilde hızlandırdığı görülmektedir. En geç çimlenen uygulama ise SA_4 dozunda 4.7 gün ile gerçekleşmiştir Hiçbir uygulamanın yapılmadığı kontrol grubunda ise ortalama çimlenme süresi 2.6 gün olarak belirlenmiştir. Salisilik asit dozları (SA_1 ve SA_2) ve hidropiriming uygulaması Sinir otu tohumlarının çimlenmelerine olumlu etkiler yaptığı belirlenmiştir (Çizelge 1).

Çimlenme parametrelerinden çimlenme üniformite katsayısı ve çimlenme indeksi özellikleri değerlendirildiğinde en yüksek değerler salisilik asit SA_1 ve SA_2 uygulamaları ile Hidropriming uygulamasında tespit edilmiştir. En düşük çimlenme üniformite katsayısı ve çimlenme indeksi değerleri SA_3 ve SA_4 uygulamalarında elde edilmiştir. Çimlenme enerjisi incelendiğinde, en yüksek değer SA_1 uygulamasında 90.0 olarak belirlenirken, en düşük değer ise 0.7 ile SA_4 uygulamasında saptanmıştır.

Fide yaş ağırlığı ve fide güç indeksi yönünden en yüksek değerler kontrol grubunda sırasıyla 241.8 mg ve 17.7 olarak belirlenirken, kontrol grubuyla hidropriming ve 0.50 mM SA uygulaması istatistiksel olarak farklılık bulunmamıştır. En düşük değerler fide yaş ağırlığında 2.00 SA uygulamasında belirlenirken, fide güç indeksinde ise 1.00 ve 2.00 mM SA uygulamalarında tespit edilmiştir (Tablo 1).

Salisilik asit priming uygulamaları ile yapılan çok sayıdaki çalışmalarda kontrole göre; çimlenme yüzdesini (Shakirova ve ark., 2003; Afzal ve ark., 2006; Farooq ve ark., 2008; Ghafoor ve ark., 2020; Doğan ve ark., 2021), çimlenme üniformite kat sayısını (Ceritoğlu ve Erman, 2020; Özyazıcı ve ark., 2023), çimlenme enerjisini ve indeksini (Hameed ve ark., 2013; Anaya ve ark., 2018; Doğan ve ark., 2021; Moghaddam ve ark., 2021), fide yaş ağırlığını (Basra ve ark., 2006; Özkorkmaz ve Öner, 2022), fide güç indeksini artırdığını (Özyazıcı ve ark., 2023) ve ortalama çimlenme süresini (Basra ve ark., 2006; Özkorkmaz ve Öner, 2022) hızlandırdığı rapor edilmiştir. Salisilik asit priming uygulamaları ile elde edilen bu olumlu sonuçlar, salisilik

asidin su alımını, besin emilimini, stoma iletkenliğini, hücre solunumunu etkilemesi (Saberi ve ark., 2011) ile açıklanabilir.

Bazı salisilik asit priming çalışmalarında ise, çalışmada elde edilen sonuçlara benzer olarak, Meryem ana dikeni bitkisinde salisilik asit uygulamalarının çimlenme yüzdesi, çimlenme indeksi ve çimlenme enerjisi değerlerini düşürdüğü (Özyazıcı, 2021), Burçak bitkisi ile yapılan çalışmada, salisilik asit uygulamalarının özellikle salisilik asitin 1 ve 2 mM dozlarının burçak bitkisinin çimlenme ve fide gelişim parametrelerinde olumsuz etkiler yaptığı (Açıkbaş ve Özyazıcı, 2022), mısır çeşitlerinde ise salisilik asit dozunun artışına paralel olarak bazı çimlenme ve fide gelişim parametrelerinin azaldığı (Arslan ve Gökkaya, 2023) rapor edilmiştir.

4. SONUÇLAR

Araştırma sonuçlarına göre, priming yapılmayan tohumlarla karşılaştırıldığında çimlenme yüzdesi, ortalama çimlenme süresi, çimlenme indeksi, çimlenme üniformite katsayısı, fide kuru ağırlığı ve fide güç indeksinde belirgin bir artış ve/veya iyileşmeler görülmüştür. İstatistiksel yorumlar neticesinde salisilik asidin 0.25 mM dozu, tüm çimlenme ve fide gelişim parametrelerinde en etkili doz olduğu söylenebilir. Araştırma sonucunda, salisilik asidin özellikle 0.50 mM dozundan sonraki dozlarda sinir otu bitkisinin çimlenme ve fide gelişim parametrelerinde olumsuz etkiler yaptığını söylemek mümkündür.

KAYNAKÇA

Açıkbaş, S., Özyazıcı, M. A., 2022. Salisilik asit tohum ön uygulama işleminin burçak (*Vicia ervilia* L.) bitkisinin çimlenme ve fide gelişimi etkisi. Anadolu 11th International Conference on Applied Sciences, Diyarbakır, Türkiye.

Açıkgöz, N., ve Açıkgöz, N., 2001. Tarımsal araştırmaların istatistiki değerlendirilmesinde yapılan bazı hatalar: I. Tek faktörlü denemeler. Anadolu, 11(1), 135-147.

Adom, M. B., Taher, M., Mutalabisin, M. F., Amri, M. S., Kudos, M. B. A., Sulaiman, M. W. A. W., Sengupta, P., Susanti, D., 2017. Chemical constituents and medical benefits of *Plantago major*. Biomedicine & Pharmacotherapy, 96, 348-360.

Afzal, I., Basra, S.M., Farooq, M., Nawaz, A., 2006. Alleviation of salinity stress in spring wheat by hormonal priming with ABA, salicylic acid and ascorbic acid. International Journal Of Agriculture & Biology, 8 (1), 23-28.

Anaya, F., Fghire, R., Wahbi, S., Loutfi, K., 2018. Influence of salicylic acid on seed germination of *Vicia Faba* L. under salt stress. Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences, 17 (1), 1-8.

Arslan, M., ve Gökkaya, T. H., 2023. Exogenous salicylic acid application during germination of silage maize (*Zea mays* L.) exposed to PEG-induced drought condition. Turkish Journal of Range and Forage Science, 4(1), 43-52.

Ashraf, M., Foolad, M.R., 2007. Roles of Glycine Betaine and Proline in ımproving plant abiotic stress resistance. Environmental and Experimental Botany, 59, 206-216.

Basra, S.M.A., Farooq, M., Wahid, A., Khan, M. B., 2006. Rice seed invigoration by hormonal and vitamin priming. Seed Science and Technology, 34(3), 775-780.

Bewely, J., Black, M., 1994. Seeds: Physiology of Development and Germination. New York.

Ceritoğlu, M., Erman, M., 2020. Mitigation of salinity stress on chickpea germination by salicylic acid priming. International Journal of Agriculture and Wildlife Science, 6 (3), 582-591.

Chakma, R., Biswas, A., Saekong, P., Ullah, H., Datta, A., 2021. foliar application and seed priming of salicylic acid affect growth, fruit yield, and quality of grape tomato under drought stress. Scientia Horticulturae, 280, 109904.

Costacurta, A., Vanderleyden, J., 1995. Synthesis of phytohormones by plant-associated bacteria. Critical Reviews in Microbiology, 21(1), 1-18.

Dempsey, D.A., Klessig, D.F., 2017. How does the multifaceted plant hormone salicylic acid combat disease in plants and are similar mechanisms utilized in humans? BMC Biology, 15, 23.

Doğan, M., Tura, A., Odabaşıoğlu, C., Sedetaltun, Y., ve Odabaşıoğlu, M. İ., 2021. Salisilik asitin soya (*Glycine max*. (L.) Merr.) tohumlarının çimlenme ve gelişimine etkisi. Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi, 33(2), 115-124.

Eldesoky, A.H., Abdel-Rahman, R.F., Ahmed, O.K., Soliman, G.A., Saeedan, A.S., Elzorba, H.Y., Elansary, A.A., Hattori, M., 2018. Antioxidant and hepatoprotective potential of *Plantago major* growing in Egypt and its major phenylethanoid glycoside, acteoside. Journal of Food Biochemistry, 42, e12567.

Ellis, R.H., Roberts, E.H., 1981. The Quantification of ageing and survival in orthodox seeds. Seed Science and Technology, 9, 373-409.

Farcas, A.D., Mot, A.C., Pârvu, A.E., Toma, V.A., Popa, M.A., Mihai, M.C., Sevastre, B., Roman, L., Vlase, L., Pârvu, M., 2019. *In vivo* pharmacological and anti-inflammatory evaluation of xerophyte *Plantago sempervirens* Crantz. Oxidative Medicine and Cellular Longevity, 5049643.

Farhangi-Abriz, S., Ghassemi-Golezani, K., 2016. Improving amino acid composition of soybean under salt stress by salicylic acid and jasmonic acid. Journal of Applied Botany and Food Quality, 89, 243-248.

Farooq, M., Aziz, T., Basra, S.M.A., Cheema, M.A., Rehman, H., 2008. Chilling tolerance in hybrid maize induced by seed priming with salicylic acid. Journal of Agronomy and Crop Science, 194 (2), 161-168.

Ghafoor, M.F., Ali, Q., Malik, A., 2020. Effects of salicylic acid priming for salt stress tolerance in wheat. Biological and Clinical Sciences Research Journal, 1, e024-e024.

Hameed, A., Sheikh, M.A., Jamil, A., Basra, S.M.A., 2013. Seed priming with sodium silicate enhances seed germination and seedling growth in wheat (*Triticum aestivum* L.) under water deficit stress ınduced by polyethylene glycol. Pakistan Journal of Life and Social Sciences, 11 (1), 19-24.

Heywood, V. H., Brummitt, R. K., Culham, A., Seberg, O., 2007, Flowering plant families of the world, Royal Botanical Gardens, Kew, 978-1- 84246-165-5.

Jatana, B.S., Ram, H., Gupta, N., 2020. Application of seed and foliar priming strategies to ımprove the growth and productivity of late sown wheat (*Triticum aestivum* L.). Cereal Research Communications, 48, 383-390.

Johnson, S.E., Lauren, J.G., Welch, R.M., Duxbury, J.M., 2005. A Comparison of the effects of micronutrient seed priming and soil fertilization on the mineral nutrition of chickpea (*Cicer arietinum*), lentil (Lens *culinaris*), rice (*Oryza sativa*) and wheat (*Triticum aestivum*) in Nepal. Experimental Agriculture, 4, 427-448.

Kalsa, K. K., Abebie, B., 2012. Influence of seed priming on seed germination and vigor traits of *Vicia villosa* ssp, *dasycarpa* (Ten.). African Journal of Agricultural Research, 7(21), 3202-3208.

Kartini, S.P., Thongpraditchote, S., Siripong, P., Vallisuta, O., 2017. Effects of *Plantago major* extracts and its chemical compounds on proliferation of cancer cells and cytokines production of lipopolysaccharide-activated THP-1 macrophages. Pharmacognosy Magazine, 13, 393-399.

Khan, A. W., Khalid, W., Safdar, S., Usman, M., Shakeel, M. A., Jamal, N., Jha, RP., Baig, M., Shehzadi, S., Khalid, MZ., Shahid, M. K. 2021. Nutritional and therapeutic benefits of Psyllium Husk (*Plantago ovata*). Acta Scientific Microbiology, 4(3), 43-50.

Kim, Y.H., Lee, I.J., 2013. Influence of plant growth regulator application on seed germination of dandelion (*Taraxacum officinale*). Weed & Turfgrass Science, 2 (2), 152-158.

Khodary, S.E.A., 2004. Effect of salicylic acid on the growth, photosynthesis and carbohydrate metabolism in salt-stressed maize plants. International Journal of Agriculture & Biology, 6 (1), 5-8.

Li, W., Zhang, H., Zeng, Y., Xiang, L., Lei, Z., Huang, Q., Li, T., Shen, F., Cheng, Q., 2020. A salt tolerance evaluation method for sunflower (*Helianthus annuus* L.) at the seed germination stage. Scientific Reports, 10 (1), 1-9.

Moghaddam, S.S., Pourakbar, L., Rahimi, A., Jangjoo, F., 2021. mitigation of salinity effects by salicylic acid priming on germination and physiological characteristics of bitter vetch (*Vicia ervilia* L.). Yuzuncu Yıl University Journal of Agricultural Science, 31 (1), 98-110.

Mondal, R., Negi, A., Mishra, M., 2021. *Plantago major* L. a cynosure of modern medicine: a review. World Journal of Pharmaceutical Research, 10(12), 650-675.

Morris, K., MacKerness, S.A., Page, T., John, C.F., Murphy, A.M., Carr, J.P., Buchanan-Wollaston, V., 2000. Salicylic acid has a role in regulating gene expression during leaf senescence. The Plant Journal, 23, 677-685.

Özkorkmaz, F., Öner, F., 2022. Salisilik asit uygulamalarının tuz stresi altındaki arpa (*Hordeum vulgare* L.) çeşitlerinde çimlenme ve tohum özellikleri üzerine etkisinin belirlenmesi. Ordu Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi, 12(2), 119-134.

Özyazıcı, G., 2021. Effects of salicylic acid applications on salt stress in milk thistle *(Silybum marianum* L.). 3rd International Cukurova Agriculture and Veterinary Congress, Adana, Turkey.

Özyazıcı, G., Açıkbaş, S., Özyazıcı, M. A., 2023. Effects of salicylic acid priming application in some switchgrass (*Panicum virgatum* L.) cultivars. International Journal of Nature and Life Sciences, 7 (2), 137-146.

Saberi, M., Shahriari, A., Tarnian, F., Jafari, M., ve Safari, H., 2011. Infuence of some chemical compounds on germination and early seedling growth of two range species under allelopathic conditions. Frontiers of Agriculture in China, 5, 310-321.

Scott, S.J., Jones, R.A., Williams, W.A., 1984. Review of data analysis methods for seed germination. Crop Science, 24, 1192-1199.

Shakirova, F.M., Sakhabutdinova, A.R., Bezrukova, M.V., Fatkhutdinova, R.A., Fatkhutdinova, D.R., 2003. Changes in the hormonal status of wheat seedlings ınduced by salicylic acid and salinity. Plant Science, 164 (3), 317-322.

Stevens, J., Senaratna, T., Sivasithamparam, K., 2006. Salicylic acid ınduces salinity tolerance in tomato (*Lycopersicon esculentum* cv. Roma): associated changes in gas exchange, water relations and membrane stabilization. Plant Growth Regulation, 49 (1), 77-83.

Sytar, O., Kumari, P., Yadav, S., Brestic, M., Rastogi, A., 2019. Phytohor-mone priming: Regulator for heavy metal stress in plants. Journal of Plant Growth Regulation, 38, 739-752.

Wang, Y.R., Yu, L., Nan, Z.B., Liu, Y.L., 2004. Vigor tests used to rank seed lot quality and predict field emergence in four forage species. Crop Sciences, 44 (2), 535-541.

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

MEYVE VE SEBZELERDE ÜŞÜME ZARARI İLE KALSİYUM İLİŞKİSİ

Prof.Dr.Rezzan KASIM[5]
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

Meyve ve sebzelerde hasat sonrası kalitenin korunması için solunum hızının düşürülmesi gereklidir. Solunum hızı ise en etkili şekilde düşük sıcaklıkta muhafaza il düşürülebilmektedir. Düşük sıcaklıklar ürünlerin solunum hızını düşürürken aynı zamanda renk, lezzet ve dokusal kalite ile ağırlık kayıplarını azaltarak, yaşlanmayı geciktirmektedir. Bununla birlikte özellikle tropik ve subtropik kökenli meyve ve sebzelerin kritik eşik sıcaklığın altında depolanması, bu ürünlerde üşüme zararı olarak adlandırılan fizyolojik bozukluğa yol açmaktadır. Bu nedenle bu ürünlerde düşük sıcaklıkta ürünün fizikokimyasal ve duyusal özelliklerini azaltmadan ve üşüme zararı belirtilerini azaltmak için alternatif yaklaşımlar kullanılmaktadır. Bu yöntemlerden birisi ise hasat sonrası kalsiyum uygulamalarıdır. Kalsiyum bitki hücre fizyolojisinde önemli bir hücre içi haberci olup, hormonlara, biyotik ve abiyotik strese karşı hücrelerin sinyal iletiminde rol oynamaktadır. Bunlara ek olarak kalsiyum hücre çeperinin orta lamelinde bulunan poligalakturanat zincirlerindeki çapraz bağlı serbest karboksil gruplarının adhezyon ve kohezyonunu sağlayarak hücre çeperinin yapısı sağlamlaştırmakta ve hücreyi üşüme zararı gibi hücre çeperinde zarar oluşturan bozukluklara karşı korumaktadır. Kalsiyum uygulamasının biberlerde üşüme zararını etkili bir şekilde azalttığı ve kalitesini koruduğu, kayısı meyvelerinde meyvenin kalsiyum konsantrasyonunu arttırdığı, etilen üretimini azalttığı ve üşüme zararı insidansını azalttığı belirlenmiştir. Kalsiyum uygulamaları nar ve muzda da üşüme zararını belirtilerini etkili bir şekilde azaltmıştır. Bu derleme çalışma ile üşüme zararının azaltılmasında kalsiyum uygulamalarının etkinliği ortaya konulmaya çalışılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Kalsiyum, kalite, depolama, raf ömrü.

[5] Sorumlu yazar

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

1. GİRİŞ

Düşük sıcaklıkta depolama, sebze ve süs bitkilerinde yaşlanmayı ve meyvelerde ise olgunlaşmayı geciktirerek hasat sonrası kalitelerini yükseltmek amacıyla yaygın olarak kullanılan hasat sonrası uygulamadır. Buna karşın subtropik ve tropik ürünlerin soğuk depolaması, bu ürünlerin kalitelerini olumsuz etkileyen ve ürünü satılamaz hale getiren bir dizi fizyolojik değişikliğe neden olmaktadır (Aghdam ve Bodbodak, 2014). Üşüme zararı (ÜZ) olarak adlandırılan bu değişiklik subtropik veya tropik kökenli meyve ve sebzelerin donma noktası üzerindeki ancak kritik eşik sıcaklıkların altındaki sıcaklıklara maruz kalması sonucu oluşan bir fizyolojik bozukluktur (Carvajal vd., 2015). Genel olarak subtropik meyveler 5-8^{o}C sıcaklıklarda ÜZ belirtileri gösterirken, tropik meyveler 12^{o}C'nin altındaki sıcaklıklarda zarar görmektedir. ÜZ donma noktasının üzerindeki sıcaklıklarda hassas bitki organlarının fizyolojik olarak zararlanması olduğu için donma zararından farklıdır (Wu vd., 2024). Meyve ve sebzelerin ÜZ belirtileri türe, çeşide ve yetiştirme ortamına bağlı olarak değişmektedir (Zhang vd., 2021). Şeftali, muz, mango, turunçgiller, kabak, hıyar ve domates gibi meyve ve sebzeler ÜZ'ye duyarlı türler olup bu türlerin düşük sıcaklıkta depolanması çukurlaşma, kararma, yumuşama ve hatta çürüme gibi ÜZ belirtilerinin ortaya çıkmasına neden olur. Bu da bu ürünlerin kalitesini azalttığı için, pazar değerini düşürmekte ve ekonomik kayıplara yol açar (Albornoz vd., 2022).

Üşüme zararının azaltılması ve duyarlı türlerin soğuğa dayanımlarını arttırmak için (i) termal uygulamalar, (ii) kimyasal uygulamalar ve (iii) hücresel ve genetik mühendislik uygulamaları kullanılmaktadır (Lukatkin vd., 2012). Kimyasal uygulamalar arasında yer alan kalsiyum uygulamaları meyve ve sebzelerde hücre çeperini kuvvetlendirmek suretiyle ÜZ'na duyarlılığı azaltabilmektedir. Kalsiyum apoplasta kolayca giren ve hücre çeperi ve plazma zarının dış yüzeyine değiştirilebilir formda bağlanan iki değerli bir katyondur. Bunun yanı sıra kalsiyum hücre çeperindeki pektik asitle birleşerek kalsiyum pektat oluşturmak suretiyle hücre çeperinin yapısını korur (Mirdehghan ve Ghotbi, 2014). Yine kalsiyum negatif yüklü homogalakturon çiftleri arasında çapraz bağlar oluşturarak hücre çeperini sıkılaştırırken aynı zamanda zar bileşenlerinden fosfolipitlere bağlanarak hücrenin zar bütünlüğünü de korur. Hücre zarındaki fosfolipid-D (FLD) aktivitesi sitozolik Ca^{+2} konsantrasyonu ile düzenlenmekte ve üşüme sıcaklıkları ve/veya etilen hormonu gibi çevresel streslere tepki sonucu sitozolik Ca^{+2}'nin artması FLD'nin aktivasyonuna yol açmakta ve böylece ÜZ'ye dayanım arttırılmaktadır (Aghdam ve Bodbodak, 2014).

Hasat sonrası kalsiyum (Ca^{+2}) uygulamaları meyve ve sebzelerde doku zar bütünlüğünü, meyve eti sertliğini ve hücre turgorunu arttırmaktadır. Kalsiyum hücre zarı lipit katabolizmasını geciktirmekte ve fizyolojik bozuklukları azaltmaktadır. Ca^{+2} uygulamaları değişik meyve türlerinde ÜZ belirtilerini azaltmakta ve hafifletmektedir (Elbagoury vd., 2020). 'Malas Yazdi' ve 'Malas Ashkezar' nar çeşitleri meyveleri %1 ve %2 $CaCl_2$'ye 5 dakika daldırıldıktan sonra 1,5±0,5^{o}C sıcaklık ve %85±5 oransal nemde iki ay depolanmıştır. 21 gün aralıklarla soğuk depodan çıkarılan ve 20 ^{o}C sıcaklıkta bekletilen nar meyvelerinde kalsiyum uygulamaları ÜZ'nı önemli oranda azaltmıştır (Mirdehghan ve Ghotbi, 2014). Muz çeşidi 'Grand Nain' e 1 mM

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

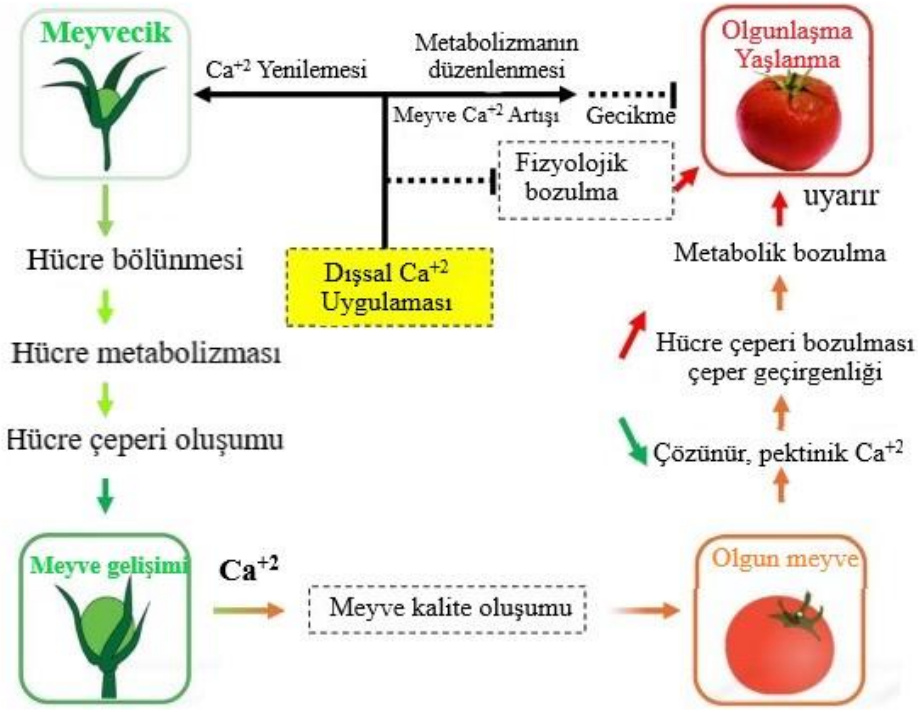
metil jasmonat ve %4 (ağırlık/hacim) kalsiyum klorür uygulaması, 10±2°C ya da 14 ± 2°C sıcaklıkta 20 gün süreyle depolanma süresince 5'er gün aralıklarla depodan çıkarılan ve 22 ± 2°C'de olgunlaştırılan muzlarda ÜZ belirtilerini hem soğuk depolama hem de depolama sonrası olgunlaştırma sırasında önemli oranda azaltmıştır (Elbagoury vd., 2020). %4,5 $CaCl_2$ uygulanmış domateslerin 28 ve 42 günlük depolaması süresince ÜZ belirtileri oldukça azalmış ve sırasıyla %0,66 ve %1,20 oranında ortaya çıkmıştır (Dolhaji vd., 2024). Bu derleme çalışmada, hasat sonrası kalsiyum uygulamalarının duyarlı ürünlerde ÜZ'ye azaltmadaki etkinliği ile ÜZ ile kalsiyum ilişkisi ortaya konmuştur.

2. KALSİYUMUN ÜŞÜME ZARARINI AZALTMADAKİ ETKİSİ

2.1. Meyvenin Kalsiyum Miktarının Arttırılması, Olgunlaşmanın Geciktirilmesi

Meyve gelişimin erken dönemlerinde kalsiyum absorpsiyonu özellikle genişlemenin başlangıcında hücre bölünmesi ve metabolizmasında rol oynamaktadır. Meyve gelişimin daha geç aşamalarında kalsiyum alınımı hücre-hücre birleşiminde etkili iken meyve olgunlaşma döneminde ise kalsiyum fiziksel ve biyokimyasal mekanizmaların düzenlenmesinde önemli bir role sahiptir (Görsel 1). Kalsiyum uygulamaları meyve yaşlanmasını geciktirerek meyve kalitesini korumaktadır. Meyvedeki kalsiyum konsantrasyonunun artması, meyvenin solunum hızını, etilen üretimini ve olgunlaşmasını geciktirmekte, bu da fizyolojik bozulmaları azaltmaktadır (Gao vd., 2019). *Prunus armeniaca* L. 'Bagheri' ve 'Asgarabadi' meyvelerine %1 ve %3 $CaCl_2$ veya kalsiyum propiyonat uygulaması 1°C'de %90 ON'de 21 gün depolanan meyvelerin kalsiyum konsantrasyonunun arttırmış ve etilen üretimi ile birlikte yumuşamayı ve renk değişimlerini yavaşlatmıştır. PME aktivitesi ve suda çözünür pektin miktarı depolama süresince azalırken, çözünmez pektin miktarı artmıştır. Daha yüksek kalsiyum konsantrasyonu ÜZ insidansını azaltmış ve meyvelerin olgunlaşmasını önlemiştir (Koushesh Saba vd., 2016).

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



Görsel 1. Meyve gelişmesi ve olgunlaşmasında kalsiyumun rolü (Gao vd., 2019).

'Hass' avokado meyvelerine %0,3 ve 0,5 düzeyinde Ca(NO3)2 uygulaması, meyve ekzokarpındaki kalsiyum miktarını %0,085 ve mezokarpındaki ise %0,3 ve 0,5 uygulamaları için sırasıyla %0,081 ve %0,084 oranlarında arttırarak, üşüme zararını azaltmıştır (Barrientos-Priego vd., 2016).

2.2. Farklı Olgunluktaki Meyvelerde ÜZ Belirtilerinin Geciktirilmesi

Meyvelerin ÜZ'ye karşı duyarlılığı olgunlaşma aşamalarına göre değişmekte olup olgunlaşmamış meyveler ÜZ'ye karşı daha duyarlı iken olgun meyvelerde duyarlılık azalmakta ve bu meyveler düşük sıcaklıkta depolandığında ÜZ belirtileri azalmaktadır. Muz klimakterik bir meyve türü olup, kabuğunun yeşil olduğu hasat olumunda hasat edilmekte ve etilen uygulanarak olgunlaştırılmaktadır. Diğer tropik ve subtropik meyvelerde olduğu gibi muzun da muhafaza süresi düşük sıcaklıkta depolama ile artmaktadır. Ancak muz da düşük sıcaklıklarda ÜZ'ye duyarlıdır ve kabuk kararması, meyve eti sertliği ve çukurlaşma gibi ÜZ belirtileri göstermektedir. Hasat olumunda (yeşil) ve yeme olumundaki (sarı) muzlara %2 $CaCl_2$ uygulaması 6 ^{o}C'de depolama süresince her iki olgunluk aşamasındaki meyvelerde de elektrolit sızıntısı, MDA miktarı ve polifenol (PPO) aktivitesini düşürerek ÜZ belirtilerini azaltmıştır (Jiao vd., 2017).

2.3. Hücre Çeperinin Kuvvetlendirilmesi

Üşüme zararı sonucu zarın fiziksel özelliklerinde geri döndürülemez değişiklikler oluşarak, hücrenin fizyolojik, metabolik ve biyokimyasal işlevi bozulmaktadır. Bunun sonucu zarla ilişkili enzimlerin aktivitesinde ve zar geçirgenliğinde değişiklikler oluşmakta, ATP seviyeleri

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

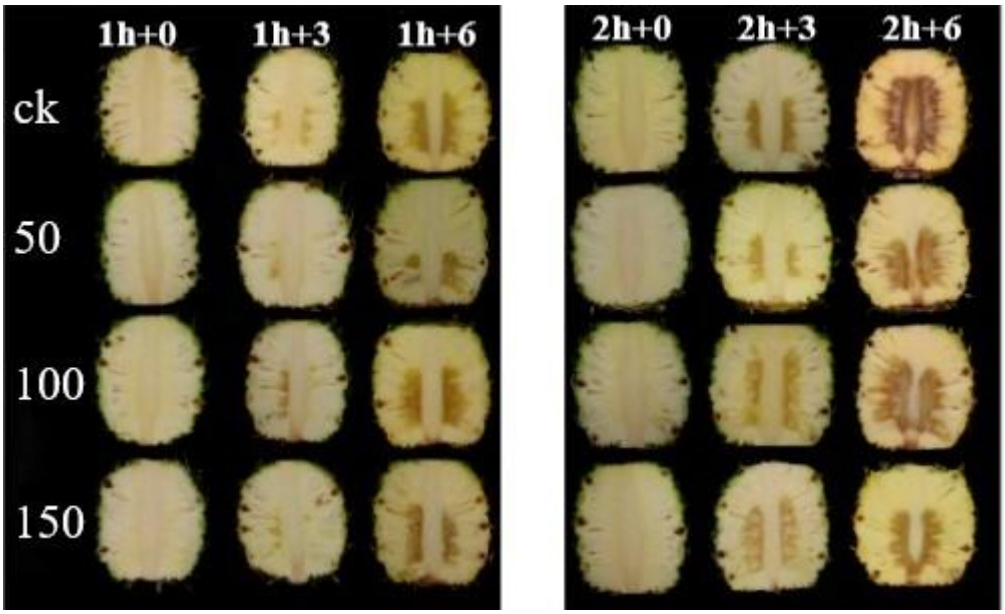
ve iyon çıkışı azalmakta, hücre bölümlendirilmesi kaybolmakta ve metabolik denge bozulmaktadır. Meyvede yeterli düzeyde kalsiyum bulunması, hücre dışı sinyallerin hücre içindeki biyokimyasal reaksiyonlara aktarımını etkilemekte ve dolayısıyla hücre zar bütünlüğü ve hücre çeperi yapı ve işlevini korumaya yardımcı olmaktadır (Barrientos-Priego vd., 2016).

Üşümeye duyarlı ürünlerde soğuk depolama süresince hücre zar bütünlüğünün korunması gereklidir. Soğuk stresi süresince hücre zarlarının yapısı esnek sıvı kristalden katı jel haline dönüşerek, zarın zarar görmesine neden olmakta ve zardan çözünen maddeler sızmaktadır. Aynı zamanda soğuk stresine maruz kalan ürünlerde hücrede malondialdehit (MDA) miktarı artmaktadır. Dolayısıyla üşümeye duyarlı türlerde soğuk depolama süresince elektrolit sızıntısı ve MDA miktarının ölçülmesi, ÜZ hakkında bilgi vermektedir. Düşük sıcaklığa duyarlı hünnap meyvelerine %4 $CaCl_2$ uygulaması elektrolit sızıntısını ve MDA miktarını azaltmış, bu da kalsiyum uygulamasının hücre zar bütünlüğünün korunmasında önemli bir rol oynayabileceğini göstermiştir (Wei ve Zhao, 2020).

2.4. Antioksidan Kapasitenin Arttırılması

Üşüme zararına duyarlı meyvelerde soğukta depolama yalnızca hücre zar bütünlüğünü olumsuz etkilemekle kalmaz aynı zamanda antioksidan enzimlerin aktivitesinde azalmaya neden olur çünkü düşük sıcaklık aynı zamanda bir oksidatif stres çeşididir. Oksidatif stres genellikle süper oksit ve hidrojen peroksit gibi reaktif oksijen türleri (ROS) tarafından oluşturulur ve üşüme zararı sürecini hızlandırır. POD, SOD ve CAT gibi antioksidan enzimler ROS'u parçalamada ve ÜZ'yi azaltmada önemli rol oynayabilir. Soğukta depolama başlangıcında 2 saat aralıklarla 3 kez %4 $CaCl_2$ uygulanmış Hünnap (jujube) meyvelerinin 100 gün süreyle depolanması süresince antioksidan enzimlerinin (SOD, CAT ve POD) aktivitesinin önemli oranda arttığı ve üşüme zararını azalttığı bulunmuştur (Wei ve Zhao, 2020). Düşük sıcaklıkta depolanan ananas meyveleri ortam sıcaklığına alındığında, içsel kararma şeklinde ortaya çıkan üşüme zararı belirtisi göstermektedir. Ananas meyvelerine 50 µM $CaCl_2$ uygulaması, 6 ^{o}C'de depolandıktan sonra oda sıcaklığına alınan meyvelerde ROS miktarı azaltmak ve meyvelerin antioksidan kapasitesi arttırmak suretiyle içsel kararma miktarını azaltmıştır (Görsel 2, Zhang vd., 2022).

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



Görsel 1. $CaCl_2$ (50, 100, 150 µmol/L) uygulandıktan sonra 6 ºC'de 1 ve 2 hafta depolandıktan sonra oda sıcaklığında 3 ve 6 gün bekletilen ananas meyvelerde içsel kararmanın görünümü. Ck=kontrol (Zhang vd., 2022)

Polifenoller, bitkilerdeki en büyük sekonder metabolit sınıfı olup yapılarına göre fenolik asitler, flavonoidler, stilbenler ve ligninler olarak sınıflandırılmaktadır (Šamec vd., 2021, Zagoskina vd., 2023. Abiyotik stres altındaki bitkilerde polifenol biyosentezi artarak bitkilerin bu olumsuz şartlara uyumunu arttırmaktadır. Aynı zamanda yüksek polifenol aktivitesi gösteren ürünlerin ROS süpürme kapasitesi gibi antioksidan özellikleri de yüksektir ve böylece bitki hücreleri üşüme zararı gibi oksidatif stres zararından korunmaktadır (Lopez vd., 2016, Sharma vd., 2022). Kalsiyum uygulamaları meyve ve sebzelerde antioksidan kapasitenin arttırılması yoluyla da ÜZ'ye karşı duyarlılığı azaltabilmektedir. 'Keitt' mango çeşidine 46,1 °C sıcak su ile %0,5 kalsiyum laktat kombinasyonunun, 75 veya 90 dk uygulaması fenolik bileşikler, flavonoid ve karotenoid miktarı ile SOD ve APX aktivitesini yükseltmiş dolayısıyla antioksidan kapasiteyi arttırarak ÜZ'ye dayanımını arttırmıştır (Lopez-Lopez vd., 2018).

Polifenoller, kökenini fenilalaninden almakta ve bu nedenle fenilpropanoidler olarak da adlandırılmaktadır. Fenilpropanoid sentezi abiyotik stres şartlarında aktive olmakta ve bu da çeşitli polifenolik bileşiklerin birikmesine yol açmaktadır (Sharma vd., 2019; Zagoskina vd., 2023). $CaCl_2$ uygulaması ikincil metabolit biyosentezine katılan genlerin çoğunu ve özellikle fenilpropanoid yolunu etkilemektedir. $CaCl_2$ uygulanmış nektarinlerde fenolik bileşik ve flavonoid miktarı sırasıyla %12,5 ve %80,6 oranında artmış, bu da fenilpropanoid enzimleri olan fenil alanin amonyak-liyaz (PAL), 4-kumarat-CoA ligaz (4CL) ve kalkon sentaz (CHS) enzimlerinin ifadesinin artmasından kaynaklanmıştır. Ayrıca $CaCl_2$ ROS temizleme kapasitesini arttırarak ROS miktarını azaltmış ve meyvelerin antioksidan aktivitesini arttırmıştır. Dolayısıyla $CaCl_2$ uygulaması hem enzimatik hem de enzimatik olmayan antioksidan sistemler aracılığıyla nektarinlerde üşüme zararına dayanımı arttırmıştır (Liu vd., 2024).

3. SONUÇ

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

Üşüme zararı, soğukta muhafazaya duyarlı tropik meyve ve sebzelerin kritik eşik sıcaklıklar altında taşınması ve depolanması sırasında ortaya çıkan fizyolojik bir bozukluktur. Üşümeye duyarlı ürünler 10°C'nin üzerindeki sıcaklıklarda üşüme zararı olmaksızın güvenli bir şekilde depolanabilmekle birlikte, bu yüksek sıcaklıklarda ürünlerin solunum hızı arttığı için kalite kayıpları hızlanmaktadır. Bu nedenle bu çalışmada üşümeye duyarlı ürünlerin düşük sıcaklıklarda dayanımının arttırılmasında kalsiyumun rolü ve bu konuda yapılan çalışma sonuçları incelenmiştir. Buna göre hasat sonrası kalsiyum uygulamaları tek başına veya diğer uygulamalarla kombine olarak ürünlerin üşüme zararına duyarlılığını azaltmaktadır. Kalsiyum uygulanan meyvelerde hücre çeperinin yapısını bozan enzim aktiviteleri yavaşlatılarak hücre zar bütünlüğünün korunduğu; ürünlerin antioksidan kapasitelerinin arttırılarak ürünün savunma mekanizmasının harekete geçirildiği, ek olarak ürünlerde olgunlaşmaya neden olan enzim aktiviteleri de geciktirilerek üşüme zararına duyarlılığın azaltıldığı tespit edilmiştir. Sonuç olarak kalsiyum uygulamaları meyve ve meyvesi yenilen sebze türlerinde üşüme zararının etkili bir şekilde azaltılmasını sağlamaktadır.

KAYNAKÇA

1. Aghdam, M. S., Bodbodak, S. Postharvest heat treatment for mitigation of chilling injury in fruits and vegetables. Food and Bioprocess Technology, 7, 37-53, (2014).
2. Albornoz, K., Zhou, J., Yu, J., Beckles, D. M. Dissecting postharvest chilling injury through biotechnology. Current Opinion in Biotechnology, 78, 102790, 2022.
3. Barrientos-Priego, A. F., Martínez-Damián, M. T., Vargas-Madríz, H., & Lázaro-Dzul, M. O. Effect of preharvest calcium spraying on ripening and chilling injury in 'Hass'(Persea americana Mill.) avocado. Revista Chapingo. Serie horticultura, 22(3), 145-159, 2016.
4. Carvajal, F., Palma, F., Jamilena, M., Garrido, D. Cell wall metabolism and chilling injury during postharvest cold storage in zucchini fruit. Postharvest Biology and Technology, 108, 68-77, 2015.
5. Dolhaji, N. H., Rasid, N. H. A. M., Tarmizi, N. H. A., Shampazuraini, S., Nur Suraya, A. A study on postharvest calcium treatment on chilling injury of tomato fruit. Food Research, 8(4), 127-135, 2024.
6. Elbagoury, M. M., Turoop, L., Runo, S., Sila, D. N. Regulatory influences of methyl jasmonate and calcium chloride on chilling injury of banana fruit during cold storage and ripening. Food Science & Nutrition, 9(2), 929-942, 2021.
7. Gao, Q., Xiong, T., Li, X., Chen, W., Zhu, X. Calcium and calcium sensors in fruit development and ripening. Scientia Horticulturae, 253, 412-421, 2019.
8. Jiao, W., Xi, Y., Cao, J., Fan, X., Jiang, W. Regulatory effects of CaCl2, sodium isoascorbate, and 1-methylcyclopropene on chilling injury of banana fruit at two ripening stages and the mechanisms involved. *Journal of Food Processing and Preservation*, *42*(2), e13442, 2018.
9. Koushesh Saba, M., Arzani, K., Barzegar, M. Impact of Postharvest Calcium Treatments on Storage Life, Biochemical Attributes and Chilling Injury of Apricot. ournal of Agricultural Science and Technology. 18(5):1355-1366, 2018.

10. Liu, Y., Wu, J., Li, Y., Deng, W., Cao, K., Li, Z., & Wang, L. (2024). Calcium chloride enhances phenylpropanoid metabolism, antioxidant ability and phytohormone signaling to effectively alleviate chilling injury in postharvest nectarines. *Postharvest Biology and Technology*, *217*, 113122.
11. Lopes, M. M., Silva, E. O., Canuto, K. M., Silva, L. M., Gallão, M. I., Urban, L., Miranda, M. R. A. Low fluence pulsed light enhanced phytochemical content and antioxidant potential of 'Tommy Atkins' mango peel and pulp. Innovative Food Science & Emerging Technologies, 33, 216-224, 2016.
12. Lukatkin, A. S., Brazaitytė, A., Bobinas, Č., Duchovskis, P. Chilling injury in chilling-sensitive plants: a review. Žemdirbystė=Agriculture, 99, 2, 111–124, 2012.
13. Mirdehghan, S. H., Ghotbi, F. Effects of salicylic acid, jasmonic acid, and calcium chloride on reducing chilling injury of pomegranate (Punica granatum L.) fruit. Journal of Agricultural Science and Technology, 16(1), 163-173, 2014.
14. Šamec, D., Karalija, E., Šola, I., Vujčić Bok, V., Salopek-Sondi, B. The role of polyphenols in abiotic stress response: The influence of molecular structure. Plants, 10(1), 118, 2021.
15. Sharma, D., Shree, B., Kumar, S., Kumar, V., Sharma, S., Sharma, S. Stress induced production of plant secondary metabolites in vegetables: functional approach for designing next generation super foods. *Plant Physiology and Biochemistry*, *192*, 252-272, 2022.
16. Wei, D., Zhao, X. H. Calcium maintained higher quality and enhanced resistance against chilling stress by regulating enzymes in reactive oxygen and biofilm metabolism of Chinese winter jujube fruit. Journal of food biochemistry, 44(4), e13161, 2020.
17. Wu, J., Tang, R., Fan, K. Recent advances in postharvest technologies for reducing chilling injury symptoms of fruits and vegetables: A review. Food Chemistry: X, 21, 101080, 2024.
18. Zagoskina, N. V., Zubova, M. Y., Nechaeva, T. L., Kazantseva, V. V., Goncharuk, E. A., Katanskaya, V. M., Aksenova, M. A. Polyphenols in plants: structure, biosynthesis, abiotic stress regulation, and practical applications. *International Journal of Molecular Sciences*, *24*(18), 13874, 2023.
19. Zhang, M., Zhang, Q., Tian, C., Liu, G., Pan, Y., Xu, X., Meng, L. Physiological and transcriptome analyses of CaCl2 treatment to alleviate chilling injury in pineapple. Plants, 11(17), 2215, 2022.
20. Zhang, W., Jiang, H., Cao, J., Jiang, W. Advances in biochemical mechanisms and control technologies to treat chilling injury in postharvest fruits and vegetables. Trends in Food Science & Technology, 113, 355-365, 2021.

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

YENİLEBİLİR ÇİÇEKLERDE HASAT SONRASI KALİTE

Prof.Dr.Rezzan KASIM[6]
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

Çiçek veya çiçek parçaları çok eski zamanlardan beri gıda olarak tüketilmekte olup bu kullanım şekli günümüzde değişik çiçeklerin kullanımı ile daha da yaygınlaşmaktadır. Roma döneminde gül yaprakları değişik preparatlarda kullanılırken, antik Yunanistan'da papatya ve Çin'de ise krizantem kullanılmıştır. Orta çağda özellikle Fransa'da aynısefa çiçekleri salataların bileşeni olarak kullanılırken 1600'lü yıllardan itibaren menekşe içeren ürünlerde popüler hale gelmiştir. Benzer şekilde Avrupa'nın değişik bölgelerinde karanfil, karahindiba ve mürver çiçekleri tüketilmiştir. Ülkemizde de gülün petal yapraklarından reçel ve gül suyu yapımı yaygın bir uygulamadır. Yenilebilir çiçekler vitamin, mineral ve fenolik bileşikler gibi biyoaktif bileşenler bakımından zengin olup yağ ve protein içeriği daha düşüktür. Bununla birlikte yenilebilir çiçeklerin yüksek antioksidan kapasiteleri nedeniyle insan sağlığı bakımından önemli etkileri bulunmaktadır. *Calendula officinalis* çiçeğinin antioksidan gücünün 3,6 mmol $FeSO_4$/100g TA iken *Tagetes erecta* çiçeğinin antioksidan gücünün ise 70,4 mmol $FeSO_4$/100g TA olduğu ve bu aktivitenin çiçeklerin antosiyanin miktarının yüksek olmasından kaynaklandığı belirlenmiştir. Yenilebilir çiçekler genellikle taze olarak tüketilmektedir ancak bu çiçekler hasattan sonra da canlılıklarını devam ettirdikleri için hasat sonrası ömürleri oldukça kısadır. Yenilebilir çiçeklerdeki hasat sonrası yaşlanma süreci etilen ve programlanmış hücre ölümü nedeniyledir. Bu çiçeklerdeki ilk görünür bozulma belirtisi çiçek morfolojisinin, renginin ve bazen aromasının değişmesidir. Yenilebilir çiçeklerde hücrenin canlı kalma süresinin uzatılması ve biyoaktif bileşenlerin korunması açısından farklı teknolojiler uygulanmaktadır. Bunlardan birisi çiçeklerin hasadından kullanımına kadar soğuk zincirin kullanılmasıdır. Bu derleme çalışmada yenilebilir çiçeklerin hasat sonrası kalitesi ile kalitenin korunmasında kullanılan uygulamalar incelenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Yenilebilir çiçek, kalite, antioksidan kapasite, canlılık.

[6] Sorumlu yazar

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

1. GİRİŞ

Yenilebilir çiçekler, insan beslenmesinde kullanılan, sağlık açısından faydalı, toksik olmayan zararsız çiçekler olarak tanımlanmakta ve çok eski zamanlardan beri insanlar tarafından hem tıbbi özellikleri hem de aromatik ve lezzetlendirici özelliklerinden beri kullanılmaktadır. Yenilebilir çiçekler 2000 yıl öncesinden başlayarak insan beslenmesinde kullanılmış, Asya, antik Yunanistan ve Roma, Orta çağ Fransa'sı, Avrupa, İngiltere ve Orta Doğuda çiçeklerin tüketimi belgelenmiştir. Antik Roma'da değişik gül çeşitleri püre ve omlet malzemesi olarak, Fransa'da aynısefa (*Calendula officinalis)* çiçekleri salata olarak, Orta Avrupa'da *Sambus nigra*'nın çiçekli salkımları tüketilmiştir (Sarode, 2024). Eski Çin'de ise yenilebilir çiçekler bitkisel ilaç bileşeni olarak da kullanılmaktaydı. Ülkemizde de meyvesi sebze olarak kullanılan kabak bitkisinin çiçekleri dolma yapılarak tüketilmekte, gül çiçeklerinden gül suyu ve gül reçeli yapılmakta, hatmi ve papatya gibi çiçeklerin çayı yapılarak tüketilmektedir. Yenilebilir çiçeklerin gastronomide birincil kullanım alanı çekici renkleridir (Mlcek vd., 2021).

Yenilebilir çiçekler, düşük kalori veren karbonhidratlar, proteinler, lifler, makro ve mikro elementler gibi besleyici değerleri ile öne çıkmaktadır. Ek olarak bu çiçekler insan sağlığına antioksidan ve hipoglisemik etkileri ile katkı sağlamaktadır. Dolayısıyla günümüzde bu çiçeklerin insan sağlığı üzerindeki bu olumlu etkileri konusunda farkındalığın artması ve insanların sağlıklı yaşam için Akdeniz tipi diyet gibi beslenme tarzlarını benimsemesi dolayısıyla yenilebilir çiçekler tekrar gündeme gelmiş ve yoğun olarak kullanılmaya başlanmıştır (Zeng vd., 2021). Yenilebilir çiçeklerin kullanımının artmış olması, hasat sonrası dönemde oldukça hassas olan ve hızlı yaşlanan bu çiçeklerin hasat sonrası dayanım mekanizmalarının geliştirilmesi gerekliliğini ortaya çıkarmıştır (Fernandez vd., 2018). Yenilebilir çiçekler çok duyarlıdır ve su içerikleri oldukça yüksek olduğundan bu çiçeklerdeki turgor kaybı, çiçeklerin estetik değerini azaltan ve satış kalitesinin azalmasına yol açan önemli özelliktir. Bu etki karanfil, arslan ağzı, hercai menekşe gibi çiçeklerde belirlenmiştir (Pêgo vd., 2022). Çiçeklerin yaşlanması, renk, lezzet, besin faktörleri ve diğer duyusal özelliklerde azalmanın meydana geldiği bir dizi fizyolojik, biyokimyasal ve metabolik değişimleri içeren ve ürünlerin raf ömrünü kısaltan doğal ve geri dönüşsüz bir süreçtir ve çiçeklerin beslenme özelliklerini de değiştirmektedir (Pires vd., 2019).

Bu derleme çalışmada yenilebilir çiçeklerin hasattan sonraki kalitelerinin korunmasına yönelik olarak yapılan çalışmalar incelenmiş ve çiçeklerin bozulmadan saklanma yöntemleri ortaya konulmuştur.

2. YENİLEBİLİR ÇİÇEK TÜRLERİ

Yenilebilir çiçeklerin şekli, rengi ve tadı birbirinden oldukça farklı olan oldukça fazla sayıda çeşidi bulunmaktadır (Mlcek vd., 2021). Lu vd. (2016), dünya üzerinde 97 familya, 100 cins içerisinde 180 yenilebilir çiçek türü bulunduğunu belirtmişlerdir. Yenilebilir çiçeklerden bazıları Görsel 1'de gösterilmiştir.

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

 *Abelmoschus manihot* (L.) Medik.	 *Acmella oleracea* (L.) RKJansen	 *Ageratum houstonianum* Mill.	 *Allium ursinum* L.
 *Amaranthus caudatus* L.	 *Antirrhinum majus* L.	 *Bellis Perennis* L.	 *Borago officinalis* L
 *Bougainvillea glabra* Choisy	 *Calendula officinalis* L.	 *Camellia japonica* L.	 *Canna indica* L
 *Celosia argentea* L.	 *Chrysanthemum morifolium* Ramat.	 *Cucurbita maxima* Duchesne	 *Dianthus caryophyllus L.*
 *Gerbera jamesonii* Bolus ex Hook. f.	 *Tagetes erecta*	 *Hibiscus rosa-sinensis* L	 *Jasminum sambac* (L.) Aiton

Görsel 1. Bazı yenilebilir çiçekler

3.YENİLEBİLİR ÇİÇEKLERİN TÜKETİM ŞEKLİ

Yenilebilir çiçekler genellikle bütün olarak tüketilmekle birlikte lale (*Tulipa* spp.), krizantem (*Chrysanthemum*) ve gülün (*Rosa* spp) petalleri; papatyanın (*Bellis perenis*) tomurcukları tüketilmektedir (Mlcek ve Rop, 2011).

Yenilebilir çiçekler, gıda bileşeni olarak çeşitli şekillerde kullanılabilmektedir. Doğrudan tüketilebilmekte, pişirilerek yenilmekte veya çekici renkleri ile yalnızca garnitür olarak diyette yer alabilmektedir (Prabawati vd., 2021). Bazı yenilebilir çiçeklerin gıda ve tıbbi amaçlı olarak kullanımları Çizelge 1'de verilmiştir. Buna göre gerbera çiçeğinden çay yapılırken, gün zambağı sebze olarak değerlendirilmekte, kadife çiçeği salata veya garnitür olarak kullanılabilmektedir.

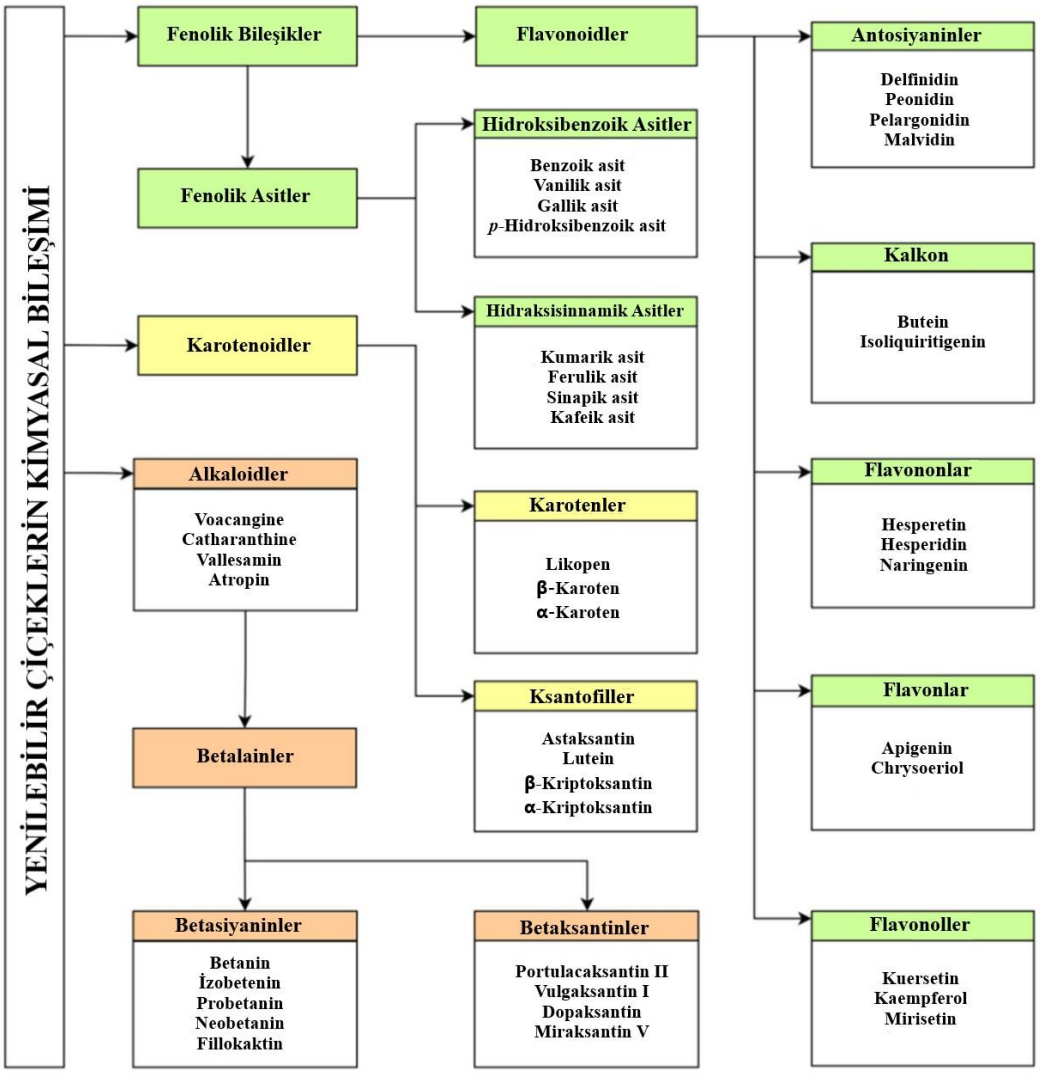
Çizelge 1. Dünya üzerinde yenilebilir çiçeklerin geleneksel ve tıbbi kullanımı (Sarode vd., 2024).

Bilimsel Adı	Genel adı	Familya	Geleneksel kullanım	Tıbbi amaçlı kullanım
Chrysanthemum spp	Krizantem	Asteraceae	Çay	İltihaplanma, kolit, zatürre ve hipertansiyon
Gerbera jamesonii	Gerbera	Asteraceae	Çay	Öksürük, bronşit, karaciğer ve böbrek hastalıkları, şişkinlik
Hemerocallis fulva	Gün zambağı	Liliaceae	Sebze	İltihaplanma, hazımsızlık ve depresyon
Hibiscus rosasinensis	Çin gülü	Malvaceae	Çay	Gıda takviyesi, öksürük, ateş, genito-üriner hastalıklar
Jaminum sambac	Arap yasemini	Oleaceae	Çay	Kanser, ülser, cilt hastalıkları
Dianthus caryophyllus	Karanfil	Caryophyllaceae	Şarap, şekerleme, pasta süsleme ve tatlılar	Kas spazmları, kalp sağlığı, ishal,
Nelumbo nucifera	Lotus	Nelumbonaceae	Pişirme, fırınlama ve içeceklere lezzet verme	Kanama, öksürük, ateş, karaciğer ve mide sorunları
Rhododendron arboretum	Orman gülü	Ericaceae	İçecek, reçel	Kalp hastalığı, dizanteri, ishal, detoks, iltihap, ateş, kabızlık, bronşit ve astım
Rosa spp.	Gül	Rosaceae	Çay, salata, kek, reçel, gül suyu, aroma verici	Kanser, iltihaplanma, yaşlanma, kalp hastalıkları
Tagetes erecta and Tagetes patula	Kadife çiçeği	Asteraceae	Salata, gıda boyası	Yaşlanma karşıtı, iltihap giderici
Hemerocallis	Gündüz zambağı	Hemerocallidaceae	Salata, garnitür	İltihaplanma, hazımsızlık ve depresyon
Gladiolus spp	Kılıç çiçeği	Iridaceae	Tatlı-tuzlu ezmeler, köpük	İshal, öksürük ve soğuk algınlığı, dizanteri ve kabızlık
Lavandula multifida, Lavandula stoechas, Lavandula angustifolia	Lavanta	Lamiaceae	Tatlı-tuzlu yemeklerde, bisküviler, şerbetler, reçeller, jöleler için lavanta şekeri	Kaygı, mantar enfeksiyonları, allerjiler, uykusuzluk, egzama, mide bulantısı

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

4. YENİLEBİLİR ÇİÇEKLERİN BİYOAKTİF BİLEŞENLERİ

Yenilebilir çiçekler fenolik bileşikler, karotenoidler, betalainler ve alkaloidler olmak üzere birçok biyoaktif madde içermektedir (Görsel 2, Pires Jr vd., 2021). Bu biyoaktif maddelerden birisi olan fenolik bileşikler güçlü bir antioksidan aktivite göstererek reaktif oksijen türlerini (ROS) temizlemektedir. Fenoliklerin yeterli oranda alımı ile kardiyovasküler, dismetabolik ve nörodejeneratif hastalıklar ve kanser riski azalmakta, bu bileşikler anti-inflamatuar etki göstererek, bağırsak mikrobiyotasi bileşimini olumlu yönde etkilemektedir (Devecchi vd., 2021). Yenilebilir çiçekler fenolik bileşikler bakımından zengin olup, tip 2 diyabet gibi beslenme ve yaşam tarzından kaynaklanan ve bulaşıcı olmayan kronik hastalıklara karşı nutrasotik kaynak olarak önemlidir (Scariot vd., 2022).



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

Görsel 2. Yenilebilir çiçeklerde yaygın olarak bulunan kimyasal bileşik örnekleri (Pires Jr vd., 2021).

Allium ursinum, L., *Borago officinalis* L., *Calendula officinalis* L., *Centaurea cyanus* L., *Cichorium intybus* L., *Dianthus carthusianorum* L., *Lavandula angustifolia* Mill., *Leucanthemum vulgare* (Vaill.) *Lam., Paeonia officinalis* L., *Primula veris* L., *Robinia pseudoacacia* L., *Rosa canina* L., *Rosa pendulina* L., *Salvia pratensis* L., *Sambucus nigra* L. *Taraxacum officinale* Weber ve *Tropaeolum majus* L. (Görsel 3) olmak üzere 17 farklı yenilebilir çiçek türünün hasat sırasındaki duyusal profilleri ve soğuk depolama süresince biyoaktif bileşik dinamikleri raf ömürleri değerlendirilmiştir. Genel olarak türlerin hasat sırasındaki duyusal ve fitokimyasal özellikleri geniş bir yelpazede dağılmıştır. A. ursinum, D. carthusianorum, L. angustifolia ve L. vulgare'nin aromasının oldukça güçlü iken, B. officinalis ve C. officinalis'in tat ve aroması diğerlerine zayıf olduğu ortaya çıkmıştır. Hasat sırasında P. officinalis, R. canina ve R. pendulina'nın polifenol değerleri (884-1271 mg gallik asit eşdeğeri/100 g) ve antioksidan kapasitesi (FRAP için 204-274 mmol Fe+2/kg, DPPH ve ABTS için 132-232 ve 43-58 μmol Trolox eşdeğeri/g) diğerlerine göre oldukça yüksektir. R. pendulina'nın raf ömrü 14 gün olmuş, bunu R. canina (10 gün) izlemiş ve 3 günlük raf ömrüne ulaşamayan C. intybus ve T.officinale türleri dışında diğer türler 7 gün canlı kalabilmiştir. Türlerin biyoaktif bileşikleri farklılık gösterirken, antosiyaninler 14 gün boyunca değişmeden kalmıştır (Demasi vd., 2021).



Görsel 3. Seçilen 17 yenilebilir çiçek türü

5. YENİLEBİLİR ÇİÇEKLERDE HASAT SONRASI KALİTE

Yenilebilir çiçeklerin su içerikleri çok yüksek olduğundan hasattan sonra çabuk bozulmaktadır. Bu nedenle hasat sonrası raf ömürleri; petallerinin dökülmesi ve renklerinin bozulması, çiçeklerin solması, su kaybı ve doku kararması nedeniyle 2-5 gün kadar kısadır. Kesme çiçekler ile karşılaştırıldığında, saplarının çok kısa olması ve su kaynağı olmadan saklanmaları nedeniyle daha savunmasızdır. Bu çiçeklerin hasat edildiği gün tüketilmeleri önerilmekle birlikte, ticari olarak kullanımlarını sınırlamaktadır (Kou vd., 2012).

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

5.1. Soğuk Depolama

Sıcaklık meyve, sebze ve çiçeklerin raf ömrünü sınırlayan en önemli çevresel faktördür. Yenilebilir çiçek endüstrisinde, hasat sonrası çiçek kalitesinin korunmasında kullanılan ana teknolojiler; soğukta depolama (soğutma ve dondurma) ve sıcak hava ile kurutmadır. Soğuk depolama çiçeğin yaşlanmasını ve kalite kayıplarını geciktirmektedir. Düşük sıcaklıklarda depolama çiçeklerin solunum hızını ve dokuların enzimler ile içsel bozulmasını yavaşlatır, su kaybı ve solmayı azaltır, mikroorganizma gelişimini yavaşlatır ve etilen üretimini azaltır, dolayısıyla çiçeklerin raf ömrünü uzatır (Fernandes vd., 2019). Kapalı plastik kutulara ve çift yönlü plastik film içerisine yerleştirilmiş kapaksız plastik kutulara (akış paketi) konularak saklanan *Viola cornuta* L. saksı bitkilerinin çiçeklerinin raf ömrü uzamış, akış paketi ise çiçeklerin biyoaktif bileşenlerinin daha iyi korunmasını sağlamıştır. *B. semperflorens* çiçekleri yapılan uygulamadan etkilenmemiştir (Görsel 4, Demasi vd., 2020).



Görsel 4. Taze hasat edilen ve plastik paketlerde soğuk ortamda bekletilen *V.cornuta* (solda) ve *B. semperflorens* (sağda) çiçekleri (Demasi vd., 2020)

Açık ve koyu renkli *Viola cornuta, Viola tricolor, Anthirrhinum majus, Dianthus chinensis* ve *Tagetes patula* yenilebilir çiçeklerinde 5±1°C sıcaklık ve %90-95 oransal nemde depolama, çiçeklerin suda çözünür toplam kurumadde miktarını arttırırken, titrasyon asitliğini azaltmıştır. Bununla birlikte çiçeklerin ticari ömrü oldukça kısa olup 4-6 gün arasında değişmiş, buna karşın toplam ömürleri maksimum 6-14 gün olmuştur (Pêgo vd., 2022).

Soğukta depolama çiçeklerin kalitesini korumada etkili olurken, çiçeklerin raf ömürleri içerdikleri su miktarına göre değişmektedir. Ayrıca soğukta depolanan çiçeklerde biyokimyasal maddelerin miktarı da depolama şartları ve çiçeklerin yapısına göre farklılık gösterebilmektedir. Saksıda yetiştirilen Salvia bitkisinin yenilebilir çiçekleri 5°C'de 6 gün bekletildiğinde çiçek ve yapraklarında enzimatik kararmanın oluşmadığı, çiçeklerden 4 kat daha fazla askorbik asit (ASA) içeren yapraklarda miktarında %43 düzeyinde azalma olurken, çiçeklerin ASA miktarının soğuk depolamadan etkilenmediği bulunmuştur. Ayrıca hem yaprakların hem de çiçeklerin fenolik madde miktarları soğuk depolamadan etkilenmemiştir (Landi vd., 2015). Buna karşılık, aynı araştırıcılar tarafından farklı çiçeklerde yapılan çalışmada hasat edildikten sonra 4 °C sıcaklık ve ışık altında plastik kutular (PET) içerisinde 8 gün süreyle

bekletilen *Acmella oleracea* L., *Begonia semperflorens* L. (Beyaz, pembe ve koyu pembe), *Salvia discolor* Kunth, *Tulbaghia cominsii* Vosa ve *Tropaeolum majus* L., çiçeklerinin askorbik asit miktarının soğuk depolamadan olumsuz etkilendiği buna karşılık; fenolik, flavonoid ve antosiyanin içerikleri üzerinde belirgin bir etki olmadığı belirtilmiştir. Benzer şekilde soğuk depolamanın toplam antioksidan kapasitenin azalmasında çiçeklere göre değişen oranlarda etkili olduğu ifade edilmiştir. Ek olarak su içeriği az olan çiçeklerin raf ömrünün daha uzun olabileceği ve su kaybını önlemenin raf ömrünü uzatmada anahtar olabileceği bildirilmiştir (Landi vd., 2018).

Sıcaklık hasat edilmiş bitkilerin metabolizmasını etkileyen en önemli faktördür. Düşük sıcaklıkta bekletme çiçeklerin kalitesini türlere göre farklı şekillerde etkilemektedir. Bu nedenle düşük ve yüksek sıcaklıkların çiçeklerdeki etkileri de araştırılmaktadır. *Hemerocallis lilioasphodelus* L. çiçekleri hasat edildikten sonra 5^{o}C'de 5 gün bekletildikten veya 5 dakika süreyle 50^{o}C sıcaklık uygulandıktan sonra 20^{o}C'de 5 gün bekletilmiştir. Soğutma ve ısıtma çiçeklerin organoleptik kalitesini korumuş, antioksidan sistemini arttırmıştır. Soğuk uygulaması süperoksit dismutaz (SOD), askorbat peroksidaz (APX), peroksidaz (POD) ve fenilalalin amonyak liyaz (PAL) aktivitelerini önemli oranda arttırırken, sıcak uygulamaları katalar (CAT) aktivitesini arttırmış, polifenol oksidaz (PPO) aktivitesini azaltmıştır. Ayrıca sıcak uygulaması hidrojen peroksit miktarını da azaltmıştır (Liu vd., 2018).

5.2. Kurutma

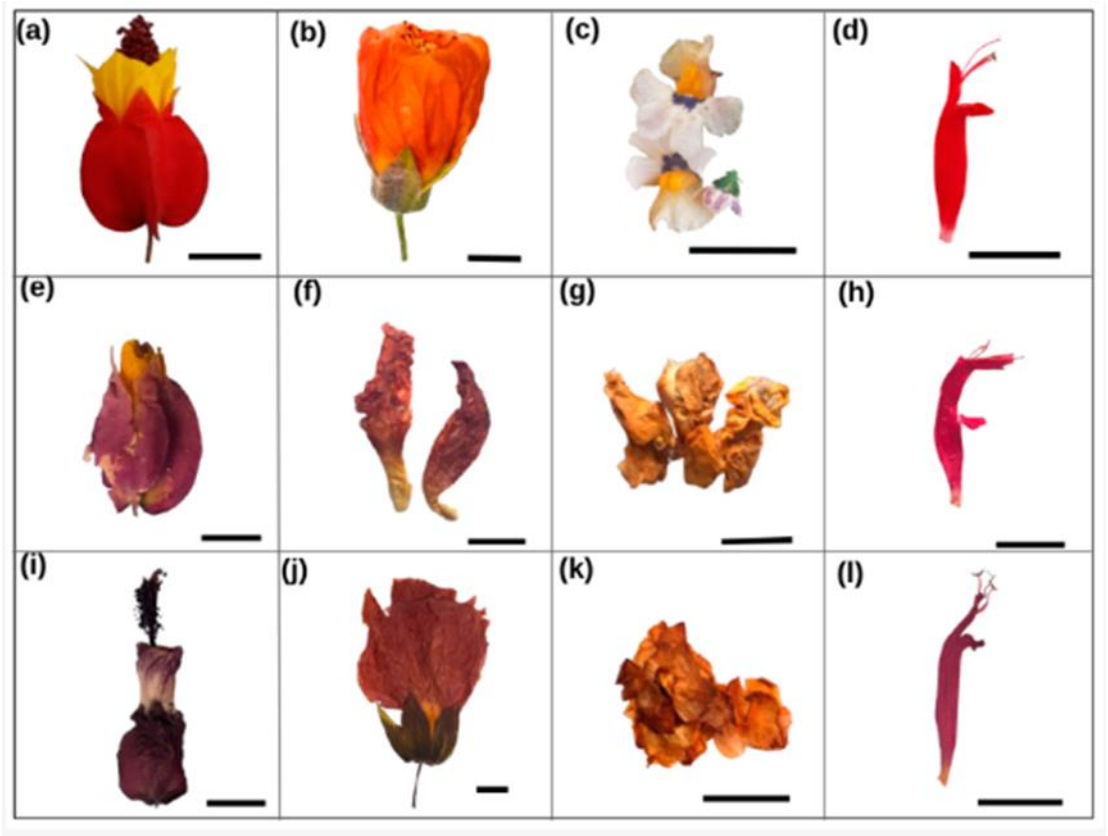
Yenilebilir çiçekler günümüzde taze olarak tüketilmesine karşın raf ömrü kısa olduğundan, uygun bir kurutma tekniği kullanılarak bu çiçeklerde görsel kalite ve değerli nutrasötik özelliklerdeki kayıplar en aza indirilebilmektedir. Yaygın bir süs bitkisi olan *Begonia cucullata* Wild'in çiçekleri dondurarak veya 50, 60, 70 ve 80 ^{o}C sıcaklık derecelerindeki sıcak hava uygulanarak kurutulmuştur. Kurutma uygulamaları çiçeklerin kalitelerini korurken, özellikle 60-70 ^{o}C'deki sıcak hava ile kurutma polifenoller, flavonoidler ve antosiyaninler gibi antioksidan bileşiklerin daha iyi korunmasını sağlamıştır. Kurutma uygulamaları çiçeklerin görsel kalitesini önemli oranda etkilemiş, özellikle sıcak hava ile kurutulan çiçeklerin rengi daha koyu olarak kalmıştır (Görsel 5). Benzer şekilde dondurarak kurutmayla karşılaştırıldığında sıcak hava ile kurutma çiçeklerin organoleptik kalitelerini de korumuştur (Marchioni vd., 2022).



Görsel 5. B. cucullata çiçeklerinin görsel kalitesi. (a) taze, (b) dondurarak-kurutma, (c) sıcak hava kurutma (SHK) 50 ^{o}C, (d) SHK 60 ^{o}C, (e) SHK 70 ^{o}C, (f) SHK 80 ^{o}C (Marchioni vd., 2022).

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

Yenilebilir çiçeklerin, hasat sonrası hem görsel hem de biyokimyasal kalitesinin korunması, insan beslenmesi için kritik noktadır. Yenilebilir çiçek türünün çok fazla olması güvenli tüketim için türlerin biyokimyasal bileşenlerinin ortaya çıkarılması gerekliliğini göz önüne sermektedir. İnsan beslenmesinde yani yeni kullanılmaya başlanan *Callianthe megapotamica* , *Callianthe striata* , *Nemesia strumosa* ve *Salvia elegans'ın* türlerinde dondurarak kurutma ve sıcak hava ile kurutma, türlerin antioksidan kapasitesini arttırırken, dondurarak kurutulmuş *C.striata*'nın primer ve sekonder metabolit içeriği en yüksek olurken, sıcak hava ile kurutulmuş *N. Strumosa*'nın askorbik asit miktarı diğerlerinden yüksek olmuştur. Tüm türler önemli oranda antioksidan aktivite göstermiştir (Machado vd., 2023, Görsel 6).



Görsel 6. Hasat sonrası dönemde *Callianthe megapotamica* (**a**,**e**,**i**), *Callianthe striata* (**b**,**f**,**j**); *Nemesia strumosa* (**c**,**g**,**k**) ve *Salvia elegans* (**d**,**h**,**l**) görselleri, taze (**a**–**d**), vakumlu dondurarak kurutma (**e**–**h**) ve sıcak hava kurutma (**i**–**l**). Çizgiler 1 cm'yi ifade etmektedir (Machado vd., 2023).

6. SONUÇ

Yenilebilir çiçekler taze veya kurutulmuş olarak, gıda endüstrisi tarafından değişik şekillerde kullanılabilmektedir. Ayrıca bu çiçeklerin tıbbi olarak kullanımı da söz konusudur. Yenilebilir çiçekler canlı ve su içerikleri yüksek olan bitkiler olduklarından, hasat sonrası ömürleri oldukça kısadır. Bu nedenle hem hasat sonrası raf ömrünün hem da kalitelerinin korunması gereklidir. Yenilebilir çiçeklerde hasat sonrası kalitenin korunmasında genel olarak sıcak uygulamaları ile veya kurutma teknikleri kullanılmaktadır. Ancak güncel literatür incelendiğinde, çok fazla çiçek türü olduğu göz önüne alındığında, bu konu ile ilgili yapılmış çalışma oldukça az olup,

çalışmalar belirli türlerde yoğunlaşmıştır. Yenilebilir çiçeklerin oldukça popüler olduğu ve hem gıda hem de tıbbi yönü nedeniyle oldukça fazla kullanıldığı günümüzde, çiçeklerin hasat sonrası ile ilgili çalışmaların sayısının arttırılması gerektiği sonucuna varılmıştır.

KAYNAKÇA

1. Demasi, S., Falla, N. M., Caser, M., Scariot, V. Postharvest aptitude of Begonia semperflorens and Viola cornuta edible flowers. Advances in Horticultural Science, 34, (1S), 13-20, 2020.
2. Demasi, S., Mellano, M. G., Falla, N. M., Caser, M., Scariot, V. Sensory profile, shelf life, and dynamics of bioactive compounds during cold storage of 17 edible flowers. Horticulturae, 7(7), 166, 2021.
3. Devecchi, A., Demasi, S., Saba, F., Rosato, R., Gambino, R., Ponzo, V., Scariot, V. Compositional characteristics and antioxidant activity of edible rose flowers and their effect on phenolic urinary excretion. Polish Journal of Food and Nutrition Sciences, 71(4), 383-392, 2021.
4. Fernandes, L., Ramalhosa, E., Pereira, J.A., Saraiva, J.A., Casal, S. The unexplored potential of edible flowers lipids. Agriculture, v.8 art.146, 2018.
5. Fernandes, L., Saraiva, J. A., Pereira, J. A., Casal, S., Ramalhosa, E. Post-harvest technologies applied to edible flowers: A review: Edible flowers preservation. Food Reviews International, 35(2), 132-154, 2019.
6. Kou, L.; Turner, E.R.; Luo, Y. Extending the Shelf Life of Edible Flowers with Controlled Release of 1-Methylcyclopropene and Modified Atmosphere Packaging. J. Food Sci.,77 (5), 188–193, 2012.
7. Landi, M. A. R. C. O., Ruffoni, B., Salvi, D., Savona, M., Guidi, L. U. C. I. A. Cold storage does not affect ascorbic acid and polyphenolic content of edible flowers of a new hybrid of sage. *Agrochimica*, *59*(4), 348-357, 2015.
8. Landi, M., Ruffoni, B., Combournac, L., Guidi, L. Nutraceutical value of edible flowers upon cold storage. Italian Journal of Food Science, 30, 2 , 2018.
9. Liu, W., Zhang, J., Zhang, Q., Shan, Y. Effects of postharvest chilling and heating treatments on the sensory quality and antioxidant system of daylily flowers. Horticulture, Environment, and Biotechnology, 59, 671-685, 2018.
10. Lu, B., Li, M., & Yin, R. Phytochemical content, health benefits, and toxicology of common edible flowers: a review (2000–2015). Critical reviews in food science and nutrition, 56(sup1), S130-S148, 2016.
11. Machado, J. S., Pieracci, Y., Carmassi, G., Ruffoni, B., Copetta, A., Pistelli, L. Effect of Drying Post-Harvest on the Nutritional Compounds of Edible Flowers. Horticulturae, 9(11), 1248, 2023.
12. Marchioni, I., Dimita, R., Gioè, G., Pistelli, L., Ruffoni, B., Pistelli, L., & Najar, B. The effects of post-harvest treatments on the quality of Agastache aurantiaca edible flowers. Horticulturae, 7(4), 83, 2021.
13. Mlcek, J., Plaskova, A., Jurikova, T., Sochor, J., Baron, M., Ercisli, S. Chemical, nutritional and sensory characteristics of six ornamental edible flowers species. Foods, 10(9), 2053, 2021.

14. Mlcek, J., Rop, O. Fresh edible flowers of ornamental plants–A new source of nutraceutical foods. Trends in Food Science & Technology, 22(10), 561-569, 2011.
15. Pêgo, R. G., Fiorini, C. V. A., Deco, T. A. D., Coneglian, R. C. C., Xavier, M. C. G., Ferreira, W. P. C. Postharvest of edible flowers. Pesquisa Agropecuária Brasileira, 57, e02953, 2022.
16. Pires Jr, E. D. O., Di Gioia, F., Rouphael, Y., Ferreira, I. C., Caleja, C., Barros, L., Petropoulos, S. A. The compositional aspects of edible flowers as an emerging horticultural product. Molecules, 26(22), 6940, 2021.
17. Pires, T.C.S.P., Barros, L. Santos-Buelga, C., Ferreira, I.C.F.R. Edible flowers: emerging components in the diet. Trends in Food Science & Technology, v.93, p.244-258, 2019.
18. Prabawati, N. B., Oktavirina, V., Palma, M., Setyaningsih, W. Edible flowers: Antioxidant compounds and their functional properties. Horticulturae, 7(4), 66, 2021.
19. Sarode, D. K., Pagariya, M. C., Jadhav, P. R., Patil, S. A., Devarumath, R. M., Shingote, P. R., Kawar, P. G. Edible flowers: biotechnological interventions for improving bioactives of food and health significance. Journal of Food Composition and Analysis, 106506, 2024.
20. Scariot, V., Ferrante, A., Romano, D. Edible flowers: Understanding the effect of genotype, preharvest, and postharvest on quality, safety, and consumption. Frontiers in Plant Science, 13, 1025196, 2022.
21. Zheng, J., Lu, B., Xu, B. An update on the health benefits promoted by edible flowers and involved mechanisms. Food Chemistry, v.340, art.127940, 2021.

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

TOROS KIZILAĞACI (ALNUS GLUTINOSA SUBSP. ANTITAURICA) GEN ORMANI POPULASYON ANALİZİ, ADANA / TÜRKİYE

Doç. Dr. Alper UZUN
[1]Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Mühendisliği Bölümü, Orman Botaniği, Kahramanmaraş, Türkiye
auzun@ksu.edu.tr, 0000-0002-2577-7460

İsmail KEÇE
Adana Forestry Regional Directorate, Adana, Türkiye
ikece1988@gmail.com, 0009-0003-0622-9295

ÖZET

Bu çalışmada, Toros kızılağacının (*Alnus glutinosa* subsp. *antitaurica*) doğal yayılış alanları, çap-boy ve yaş dağılımlarının belirlenmesi amaçlanmıştır. 2024 yılında yapılan Adana-Kozan "Toros Kızılağacı Gen Koruma Ormanı" alanında yapılan alanın koordinatları, yükseltisi, arazi mülkiyeti, bölme numaraları ve bakıları tespit edilmiştir. Ayrıca popülasyon çalışmaları ile mevcut tüm bireylerin çap ve boyları ölçülmüştür. Basit eleme yöntemi ile 221 adet ağaçtan artım burgusu ile artım kalemleri alınmış ve yaş tespitleri yapılmıştır. Bitki örtüsü ve fotoğrafları kayıt altına alınmıştır. Araştırma sonucunda Meydan Şefliği sınırları içerisinde 2.576 adet Toros kızılağaç ağacı bireyi tespit edilmiştir. Tespit edilen yaş dağılımlarına göre en fazla bireyin 21-30 yaş aralığında bulunduğu, ölçülen tüm ağaçların yaş ortalamasının 31 olduğu ve en yaşlı bireylerin 54 ve 64 yaşlarında olduğu tespit edilmiştir. Bu takson çalışma alanında en düşük 1069 m, en yüksek 1316 m arasında yayılmaktadır. Bu taksonun azalan yağışlar nedeniyle bölgedeki mevcudiyetinin risk altında olduğu değerlendirilmektedir.

Anahtar Kelimeler: Toros kızılağacı, endemik, gen koruma ormanı, Adana, Türkiye

1. GİRİŞ

Başta iklim değişikliği olmak üzere küresel ısınma ve insan faaliyetleri nedeniyle ormanlarımız tehdit altındadır. Doğal kaynakların bilinçsiz bir şekilde aşırı kullanımı, iklim değişikliği ve küresel ısınmayla birlikte tür çeşitliğindeki azalma gibi yaşanan çevre sorunları ekosistemler üzerindeki tahribatın ve baskıların göstergesidir (Demirci ve Akten, 2024). Doğal kaynaklar içerisinde önemli bir yere sahip olan ormanlarımız yalnızca odunsu bitkilerle ön planda olmayıp, sosyo-ekonomik potansiyele sahip birçok türü içerisinde barındırması ve çevremize sağladığı yararlar sebebiyle koruma çalışmalarında ilk sırada yer almalıdır (Tunçtaner, 2007).

Ekosistemlerin sürdürülebilirliğinin sağlanması, dünya üzerindeki biyolojik çeşitliliğin korunmasına bağlıdır. Ayrıca bu koruma faaliyetlerinin gerçekleştirilmesi peyzaj estetiğine de katkı sağlamaktadır (Uzun vd., 2012). Biyoçeşitliliği koruma politikalarında en önde planda orman ekosistemleri yer almaktadır. Bu amaca hizmet

etmesi için ayrılacak olan alanlar, dünya genelinde ülke yüz ölçümünün %5-6'sı olacak şekilde tasarlanmıştır. Fakat ülkemizde bu oran %1'dir (Ayan ve Yer-Çelik, 2012).

Genetik çeşitliliğin meydana gelmesi uzun vadede doğa olaylarına bağlıdır. Bu sebeple canlı varlıklar olmasına rağmen genetik kaynaklar, orta ve kısa vadede yenilenemeyen kaynak olarak değerlendirilmektedir (varsayılmaktadır) (Dirik, 1994, Bousquet vd., 1995; Dirik, 1997). Bu kaynakların korunma statüleri incelendiğinde dünyada kabul gören koruma yöntemleri; in-situ (doğal çevresinde) ve ex-situ (doğal çevresi dışında) koruma yöntemleridir. In-situ korumada, doğal ortamında bulunan farklı populasyonların devamlılığı ve koruması sağlanırken; ex-situ koruma ise gen kaynaklarının doğal ortamı dışında güvenli koşullar altında korunması amaçlanmaktadır. In-situ koruma, genetik çeşitliliğin sağlanmasında ve orman ağacı türlerinin korunmasında; en güvenilir, maliyeti düşük ve uygun bir yöntemdir. Genetik çeşitliliği koruma çalışmalarında doğal ortamında (in-situ) koruma yeterli olmayıp, doğal ortamı dışında (ex-situ) korumadan da faydalanılmalıdır (Tunçtaner, 2003). Genetik çeşitliliğin meydana gelmesi uzun vadede doğa olaylarına bağlıdır. Bu sebeple canlı varlıklar olmasına rağmen genetik kaynaklar, orta ve kısa vadede yenilenemeyen kaynak olarak değerlendirilmektedir (varsayılmaktadır) (Dirik, 1994, Bousquet vd., 1995; Dirik, 1997).

Genetik çeşitliliğin sürdürülebilirliğinin sağlanması, ormancılık çalışmalarında uygulanan müdahaleler ve alınan kararlarda önemli bir yere sahiptir. Yaklaşık 20 türe sahip Alnus Gaertn. cinsi bu anlamda büyük ekonomik öneme sahiptir ve türlerden bazıları kuzey yarımkürede kereste kaynağıdır. Ilıman orman ekosistemlerinde, bu cinse ait ağaç türlerinin özellikle orman rehabilitasyonunda çok önemli kritik bir rolü vardır (Zar ve Amini, 2021). Ayrıca habitat parçalanmaları bu cinsin popülasyonları için en büyük tehdittir (Palabaş Uzun vd., 2012).

Türkiye'nin relikt endemik Alnus taksonlarından biri olan ve IUCN'e (Ekim vd., 2000) göre NT: Tehdit altına girebilir kategorisinde yer alan Toros Kızılağacı (*Alnus glutinosa* subsp. *antitaurica*) ise ülkemizde Adana (Kozan, Feke, Karataş), Kahramanmaraş (Göksun, Andırın), Osmaniye, İskenderun (Yarpuz) yörelerinde yetişmektedir (Yılmaz ve Aslan, 2013; Yılmaz, 2020; Yıldırım vd., 2020; Yılmaz ve Yılmaz, 2021). Dere vejetasyonunun bir elemanı olan ve direk suya bağımlı olan endemik Toros Kızılağacının (Yılmaz ve Yılmaz, 2021) bölgede iklim değişiklikleri ile nasıl bir değişime uğrayacağı fikri uzun süreçli çalışmamızın ana araştırma konusunu oluşturmaktadır. Bu amaçla, ilk olarak Toros Kızılağacı (*Alnus glutinosa* subsp. *antitaurica*) Gen Koruma Ormanında aktüel durumu anlayabilmek adına bazı öncelikli hedefler belirlenmiştir:

- Doğal yayılış alanlarının tespiti,
- Popülasyon özelliklerinin belirlenmesi,
- Ağaç bireylerin sayısının belirlenmesi,
- Çap-boy ilişkisinin tespiti,
- Yaş tayininin yapılması
- Gelişme çağlarına göre bireylerin dağılımının belirlenmesi amaçlanmıştır.

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

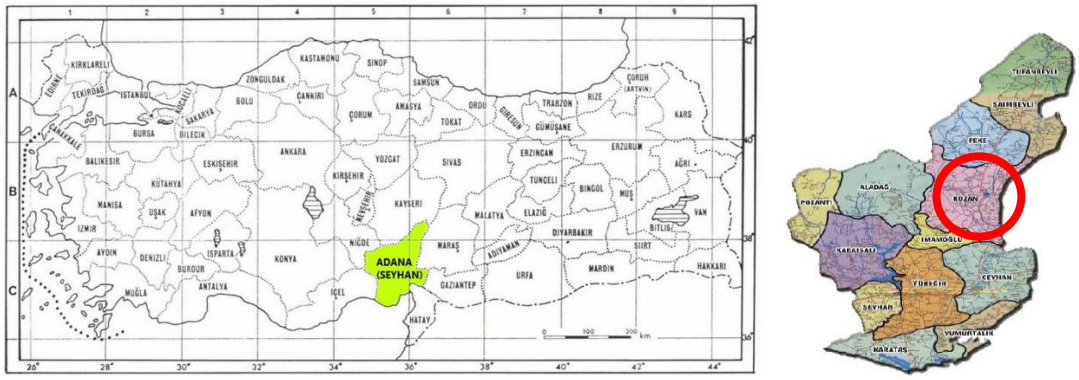
2. MATERYAL VE METOD

3.1. Çalışma alanı

Çalışma alanı olan Adana ili, Kozan İlçesi Görbeyaz Mevki, Akdeniz fitocoğrafik bölgesinin Kuzey doğusunda yer almaktadır (Davis vd. 1971). Aynı zamanda Davis (1965)'in grid sistemine göre büyük bir alanı C5 karesinde bulunmaktadır. İl idari sınırları (Görsel 1) 1/25.000 ölçekli paftalar üzerinde yapılan incelemelere göre; 36-37 kuzey paralelleri ile 35-36 doğu meridyenleri arasında konumlanmaktadır. Çalışma alanı aynı zamanda Adana Orman Bölge Müdürlüğü Kozan Orman İşletme Müdürlüğü'ne bağlı Meydan Orman İşletme Şefliği sınırları içerisinde kalmaktadır. Bu alanının seçilmesinde; 2014 yılında "Gen Koruma Ormanı" statüsüne girmesi etkili olmuştur.

Sınırları: Meydan Orman İşletme Şefliği; doğuda Mansurlu Orman İşletme Şefliği (Feke Orman İşletme Müdürlüğü'ne bağlı), batıda Söğüt Orman İşletme Şefliği (Pos Orman İşletme Müdürlüğü'ne bağlı), kuzeyde Burhaniye Orman İşletme Şefliği (Kayseri Orman İşletme Müdürlüğü'ne bağlı) ve güneyde ise Akdam Orman İşletme Şefliği'ne komşudur.

Çalışma alanının yükseltisi 1069 ile 1316 metre arasında değişmektedir. Şefliğin alanı; 37º 35' 58"- 37º 48' 08" kuzey enlemleri ve 35º 28' 41" - 35º 42' 11" doğu boylamları arasında konumlanmıştır (Görsel 1, 2).



Görsel 1. Adana ili Kozan ilçesi



Görsel 2. Çalışma alanı

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

Büyüklüğü: Meydan Orman İşletme Şefliği'nin sahip olduğu genel alan 21.083,8 ha'dır. Şefliğin toplam ormanlık alanı 17.519,2 ha olup, bu alanın 10.599,4 ha'ı verimli (prodüktif) orman, 6.919,8 ha'ı verimsiz ormanlık alandır. Ayrıca diğer ormansız alan (ziraat, orman içi ve dışı açıklık, iskân vb.) 3.564,6 ha'dır.

2.2. Materyal

Araştırmanın materyalini Toros Kızılağacı bireyleri oluşturmaktadır. Alnus glutinosa türünün bir alttürü olan bu takson diğerlerinden tomurcuklarının ve yaprak saplarının beyaz tüylü; yaprak altlarının boz tüylü olması ile ayrılır. (Davis 1965-85; Davis vd. 1988, Anşin ve Özder, 1993; Güner vd., 2000, Anşin ve Özkan, 2006; Güner vd., 2021; Aksoy, 2018; Palabaş Uzun ve Terzioğlu, 2019).

Alnus glutinosa (L.) Gaertner, Fruct. et Sem. 2:54, t. 90 (1790).

20(-30) m'ye kadar boylanan bir ağaçtır. Kabukları koyu kahverengi ve çatlaklıdır. Genç sürgünleri yapışkan, tüysüz veya ± tüylüdür. Yapraklar ters yumurtamsı ila yarı dairesel veya genişçe dikdörtgen-eliptik, 3,5-13 x 3-11 cm, kıvrık, çift sıralı dişli, tepede yuvarlak veya hafif sivri, tabanda genişçe kama şeklindedir. Yaprak damar koltuklarındaki tüy demetleri hariç genellikle tüysüzdür veya alt yüzey tamamen yumuşak ipeksi (piloz) tüylüdür. 4-11 çift yan damarları mevcuttur. Yaprak sapı (0,7-3 cm) ± tüysüz veya yünsü tüylüdür. Meyve veren kedicikler 1-1,8 x 0,6-1,1 cm, belirgin şekilde saplıdır. Fındık meyve koyu veya kırmızımsı kahverengi, 2-3 mm, dar kanatlıdır.

1. Tomurcuklar ve yapraklar sapları beyaz tüylü; yaprakların altı boz tüylü……..……..…**subsp. antitaurica**

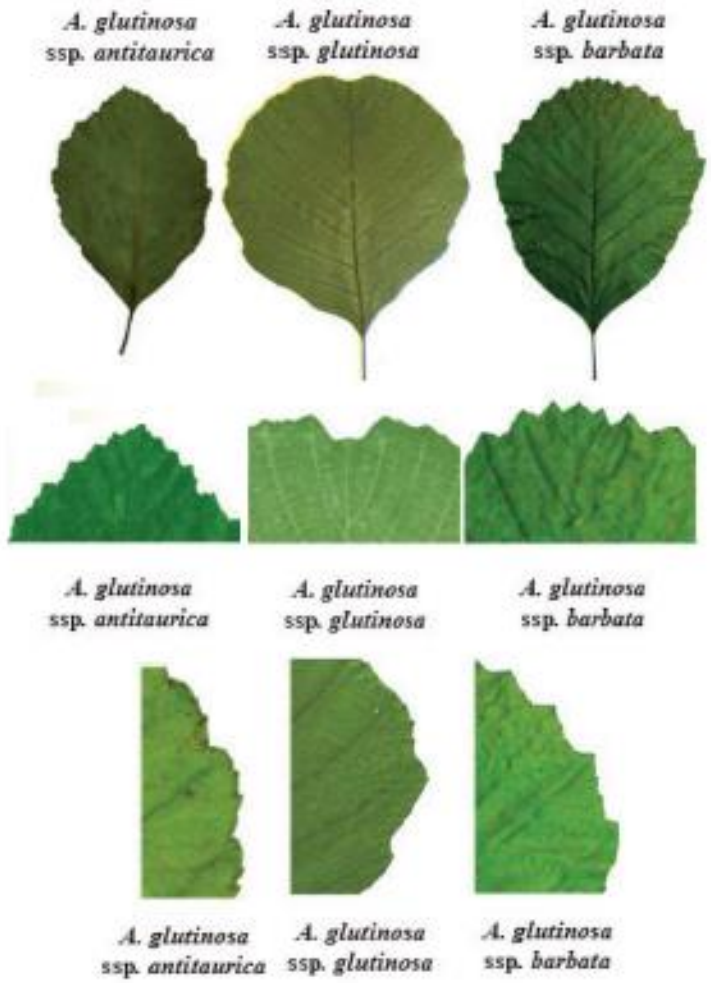
1. Tomurcuklar ve yaprak sapları ve yapraklar az-çok tüysüz

2. Gövde kabuğu, sürgünler ve yaşlı tomurcuklar beyaz veya yeşilimsi-beyaz renkte……...……....**subsp. betuloides**

2. Gövde kabuğu, sürgünler ve yaşlı tomurcuklar beyaz değildir

3. Yapraklar 4-8(-9) çift yan damarlı, ters yumurtamsı-yarı dairesel, tepesi içe girintili……..…**subsp. glutinosa**

3. Yapraklar 8-11 çift yan damarlı, geniş yuvarlak eliptik, dairemsi yavaşça ucu keskin, düz…….……..…....**subsp. barbata**



Görsel 3. Alnus glutinosa alt türleri (Colagar vd. 2016'dan değiştirilerek)

2.3. Metod

Bireylere ait çap ve boylar standart ölçüm tekniklerine göre yapılmıştır. Bunun için kumpas ve Blume-Carl Leiss boy ölçer kullanılmıştır. Ağaç yaş halkaları için ise artım burgusu ile 220 ağaçtan hem Kuzey-Güney hemde Doğu-Batı ekseninde artım kalemleri alınmış ve laboratuvar ortamında stereomikroskop altında yaş halkaları sayılmıştır. 2576 adet Toros Kızılağacının çap ve boyları tek tek ölçülmüş, basit eleme yöntemi ile 221 adetinde yaş tayini yapılmıştır.

3. BULGULAR

Yapılan ölçümler sonucunda çalışma alanında 2576 adet Toros Kızılağacı bireyi belirlenmiştir. Bunlardan 114 adeti çürük gövde, 45 adeti kuru gövde, 31 adeti yatık gövde olarak tespit edilmiş (Görsel 4) ve 12.075 adet rejenerasyon bireyi kaydedilmiştir (Görsel 5).

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

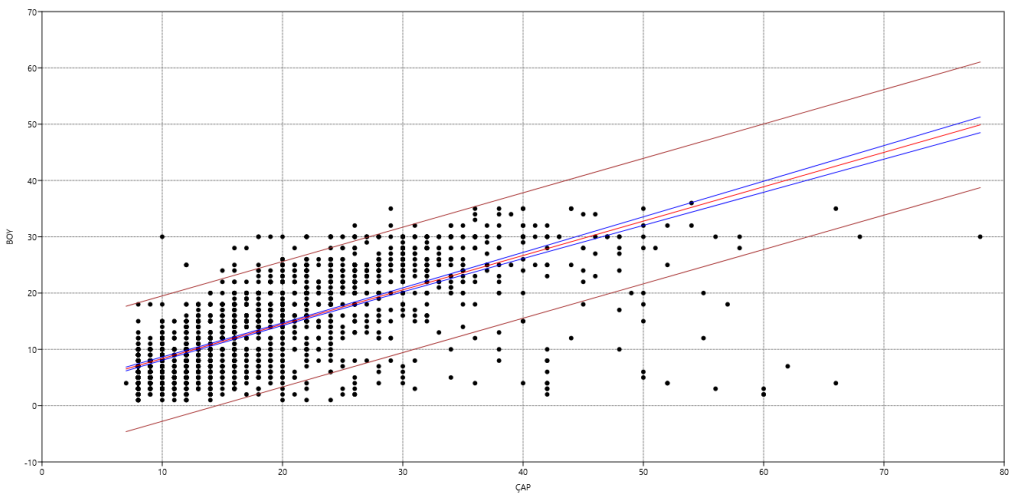


Görsel 4. Çürük, kuru ve yatık gövdeler



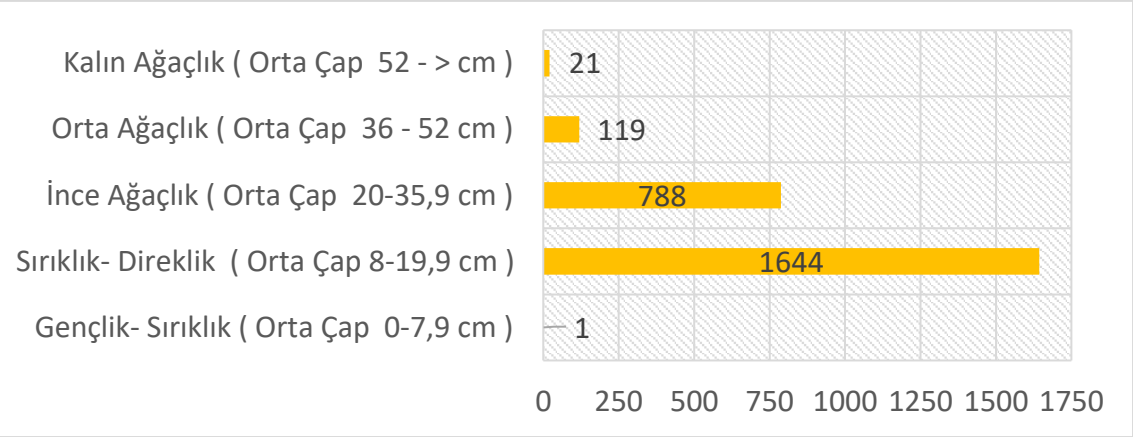
Görsel 5. Rejenerasyon bireyleri

Ayrıca ölçüm sonuçlarına göre Toros Kızılağacı bireylarine ait çap-boy ilişkisi belirlenmiştir (Görsel 6). Ölçülen çapların gelişim çağlarına dağılımı görselde sunulmuştur. Buna göre en fazla (1644) bireyin 8-19,9 cm çap aralığında kalan Sırıklık-Direklik çağında olduğu tespit edilmiştir (Görsel 7).



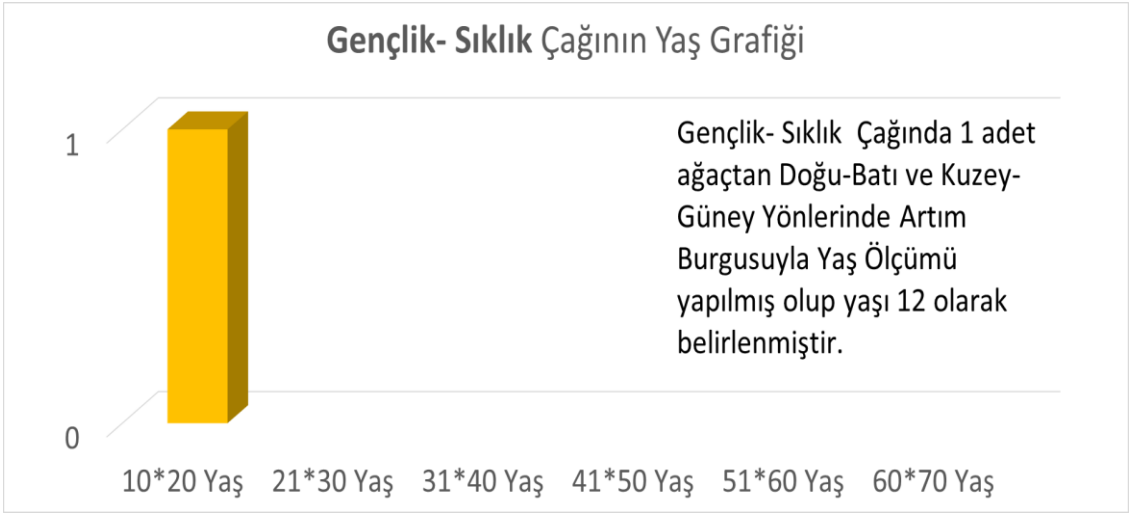
Görsel 6. Çap-boy ilşkisi

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



Görsel 7. Çapların gelişim çağlarına dağılımı

Tespit edilen yaş dağılımları görsellerde sunulmuştur (Görsel 8-12). Buna göre en fazla bireyin 21-30 yaş aralığında kaldığı, tüm ağaçların yaş ortalamasının 31 olduğu ve en yaşlı bireylerin 54 ve 64 yaşlarında olduğu tespit edilmiştir (Görsel 11-12).

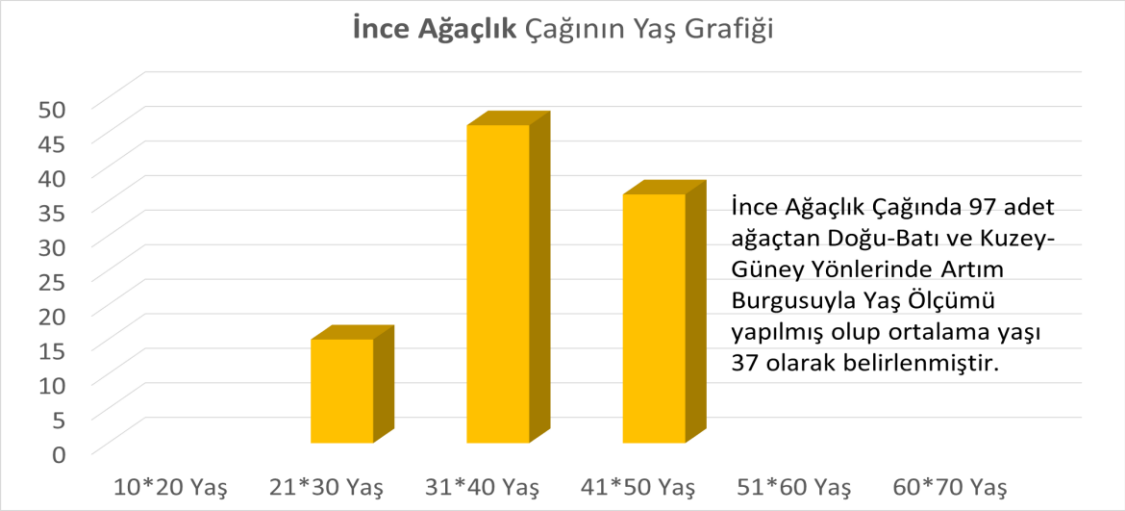


Görsel 8. Gençlik-Sıklık çağının yaş grafiği

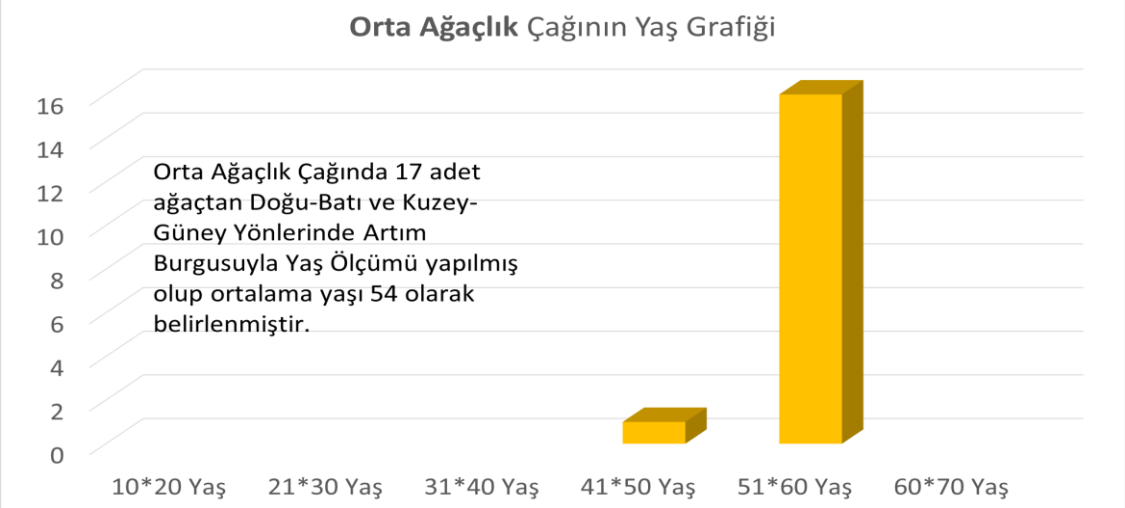


Görsel 9. Sırıklık-Direklik çağının yaş grafiği

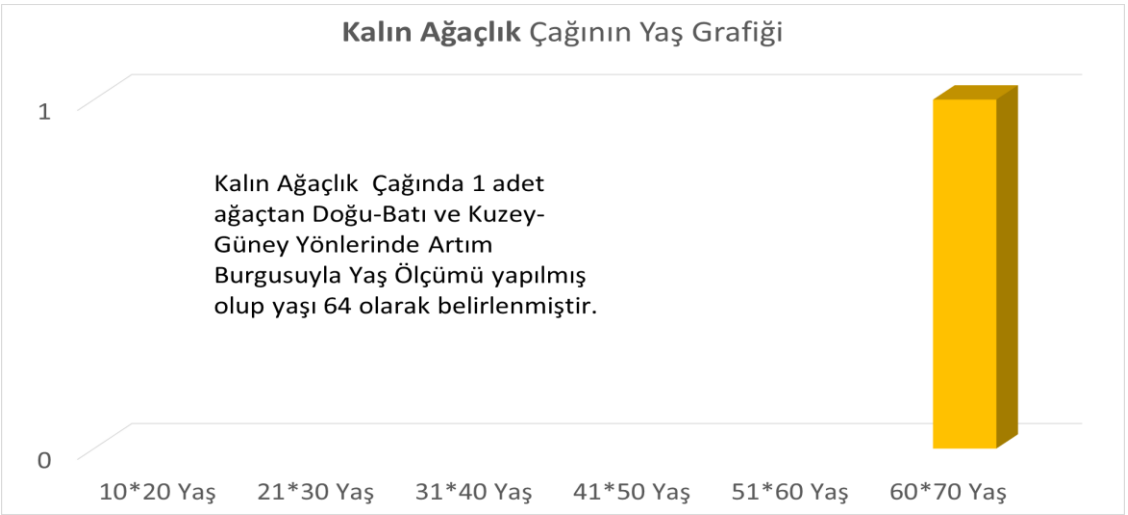
ISBN NR. : 978-625-5962-10-2



Görsel 10. İnce ağaçlık çağının yaş grafiği



Görsel 11. Orta ağaçlık çağının yaş grafiği



Görsel 12. Kalın ağaçlık çağının yaş grafiği

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

4. SONUÇLAR VE DEĞERLENDİRMELER

Sahada yapılan çalışmalarda ve ölçümlerde Endemik bir alt tür olan ve Koruma altına alınarak Gen Ormanı ilan edilen Toros Kızılağacının literatürde çalı formunda 6-8 metre boylandığı yazmasına rağmen düzgün silindirik gövdeler oluşturduğu ve en yaşlı bireylerinin 64 yaşına değin ulaştığı gözlemlenmiştir.

Taban suyu seviyesinin düştüğü yerlerde tepe kurumalarıyla beraber gövde çürümelerinin başladığı tespit edilmiştir. İklim koşullarındaki değişiklikler ve küresel ısınma nedeniyle alanda geçmişte sulu dere olan ancak günümüzde kuru dereye dönen ana derelerde bulunan Toros Kızılağaçlarının meşçere çökmesine giderek alandan uzaklaştığı ayrıca tespit edilmiştir. Yapılan çalışmalar sonucunda Toros Kızılağacının koruma faaliyetlerinin arttırılarak meşcere özelinde Toros Kızılağacı lehine silvikültürel uygulamaların planlanması acil önem arz etmektedir.

KAYNAKLAR

1. Aksoy, N. 2018. Alnus Miller. (ed. Ü. Akkemik) *Türkiye'nin Doğal-Egzotik Ağaç ve Çalıları.* Orman Genel Müdürlüğü Yayınları, Ankara. s: 338-356.
2. Anşin, R., Özder, Z. Yeni bir kızılağaç taksonu-Alnus glutinosa subsp. betuloides (Betulaceae). The Karaca Arbareturn Magazine, cilt II: 47-51, 1993.
3. Anşin, R., Özkan, Z.C. *Tohumlu Bitkiler (Spermatophyta) Odunsu Taksonlar*, Karadeniz Teknik Üniversitesi Basımevi, Trabzon, 450 s, 2006.
4. Ayan S., Yer-Çelik, E.N. Kastamonu'nun Doğal Zenginlikleri Sempozyumu, Bildiriler Kitabı-CD, s.155-160, 16-17 Ekim 2012. Kastamonu, 2012
5. Bosquet, M.l., Beaulleu, M.J., Villeneuve, M.M. Diversiıe genetique et ameliaralian des arbres forestiers. Ordre des ingenieurs foresıiers du Quebec, Formatian continue, cours no: 33, encartde l'aubelle, no: 106, 12 p, 1995.
6. Colagar, A.H., Yousefzadeh, H., Shayanmehr, F., Jalali, S.G., Zare, H., Tippery N.P. Molecular taxonomy of Hyrcanian Alnus using nuclear ribosomal ITS and chloroplast trnH-psbA DNA barcode markers, Systematics and Biodiversity, 14:1, 88-101, 2016.
7. Davis, P.H. *Flora of Turkey and the East Aegean Islands, Vol I-IX.*, University Press, Edinburgh, 1965-85.
8. Davis, P.H., Harper, P.C., Hedge, I.C. *Plant Life of South-West Asia.* The Botanical Society of Edinburgh, 1971.
9. Davis, P.H., Mill, R.R., Tan, K. *Flora of Turkey and the East Aegean Islands, Vol. X, Supplement*, University Press, Edinburgh, 1988.
10. Demirci, E., Akten, M. Kovada Gölü Milli Parkı'nda yönetimsel ve ziyaretçi kaynaklı sorunların tespiti ve çözümüne yönelik öneriler. Turkish Journal of Forest Science, 8(2), 86-107, 2024.
11. Dirik, H. Genetik çeşitlilik ve orman gen kaynaklarının korunması. Journal of the Faculty of Forestry Istanbul University, 44(3-4), 113-122, 1994.
12. Dirik, H. *Kent Ağaçlarının Yönetimi, Kent ağaçlandırmaları ve İstanbul*, 1997.

13. Ekim T, Koyuncu M, Vural M, Duman H, Aytaç Z, Adıgüzel N. *Türkiye Bitkileri Kırmızı Kitabı (Red Data Book of Turkish Plants Pteridophyta and Spermatophyta).* Barışcan Ofset, Ankara, 246 s, 2000.
14. Güner, A., Özhatay, N., Ekim, T., Başer, K.H.C. *Flora of Turkey and the East Aegean Islands, Vol. XI, Supplement* – II, University Press, Edinburgh, 2000.
15. Güner, A., Aslan, S., Ekim, T., Vural, M., Babaç, M.T. *Türkiye Bitkileri Listesi (Damarlı Bitkiler).* Nezahat Gökyiğit Botanik Bahçesi ve Flora Araştırmaları Derneği Yayını, İstanbul, 2021.
16. Palabaş Uzun, S., Terzioğlu, S. Sisdağı (Şalpazarı/Trabzon) ve yöresinin florası. Duzce University Journal of Science and Technology, 7(3), 1523-1573, 2019.
17. Palabaş Uzun, S., Uzun, A., Terzioğlu, S. Orman ekosistemlerinde habitat parçalanmaları ve biyolojik çeşitlilik üzerine etkileri, KSÜ Doğa Bil. Der. (Özel Sayı) s. 136-144, 2012.
18. Tunçtaner, K. Sustainability of Industrial Forest Plantations in Turkey, -In Proceedings of Establishment of Industrial Plantation in Turkey, International Workshop, TEMA and Ministry of Environment and Forestry, Poplar and Fast Growing Forest Tree Research Institute, İzmit, pp. 15-31, 2003.
19. Tunçtaner, K. *Orman Genetiği ve Ağaç Islahı*. Türkiye Ormancılar Derneği Eğitim Dizisi: 4, Ankara, 364 s., 2007.
20. Uzun, A., Terzioğlu, S., Palabaş Uzun, S. Orman ekosistemlerinde biyoçeşitliliğin korunması ve izlenmesi, KSÜ Doğa Bil. Der. (Özel Sayı) s. 126-135, 2012.
21. Yıldırım, N., Turna, İ., Yıldırım, N., Sakallı kızılağaç (Alnus glutinosa subsp. barbata) meşceresinin doğal yolla gençleştirilmesi (Harşit Orman İşletme Şefliği örneği). Artvin Çoruh Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi, 21(2), 154-163, 2020.
22. Yılmaz, M. Türk kızılağacı (Alnus orientalis Decne.)'nın tohum özellikleri. Ağaç ve Orman, 1(1), 58-65, 2020.
23. Yılmaz, T., Yılmaz, M. Doğu Akdeniz Bölgesindeki relikt kızılağaç (Alnus glutinosa (L.) Gaertn.) popülasyonlarının tohum özellikleri, Turkish Journal of Forest Science, 5(1), 150-164, 2021.
24. Zar, H., Amini, T. A review of the genus Alnus Gaertn. in Iran, new records and new species. Iranian Journal of Botany 18(1): 10-21, 2012.

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

TÜRKİYE'DE YETİŞEN EGZOTİK BİTKİLERİN MEYVE TİPİ VE TOHUM ÖZELLİKLERİNİN BELİRLENMESİ

Doç. Dr. Alper Uzun
[1]Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Mühendisliği Bölümü, Orman Botaniği, Kahramanmaraş, Türkiye
auzun@ksu.edu.tr, 0000-0002-2577-7460

Doç. Dr. Seyran Palabaş Uzun
[1]Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Mühendisliği Bölümü, Orman Botaniği, Kahramanmaraş, Türkiye
seyran@ksu.edu.tr, 0000-0001-7090-4804

ÖZET

Bu çalışmada Türkiye'de yayılışı bulunan 72 familyaya ait 239 egzotik (yabancı yurtlu) bitki taksonunun meyve tipleri ve tohum özellikleri araştırılmıştır. Bu taksonların familyaları belirlenmiş ve her bir taksonun meyve tipi araştırılarak tespit edilmiştir. Sonuç olarak incelenen taksonlar içerisinden 14 adeti kozalaklıdır. Meyve oluşturan taksonlar ise; Kapsül meyveye sahip 83 takson, Aken meyve tipine sahip 46 takson ve Üzümsü (Berry) meyve tipine sahip 23 takson ilk üç sırayı oluşturmaktadır. Ayrıca, Bakla (legümen) meyve (17) takson, Şizokarp (16) takson, Çekirdekli sulu-eriksi (Drupa) meyve (10) takson, Pepo (7) takson, Folikül meyve (5) takson, Nus meyve (5) takson, Utricle (4) takson, Aken (cypsela) meyve (3) takson, Silikula (3) takson, Silikuva (2) takson, Partenokarp meyve (1) takson'dur. Bu taksonların tohum özellikleri de çalışmada sunulmuştur.

Anahtar Kelimeler: Egzotik, yabancı yurtlu bitki, meyve tipi, tohum özelliği, Türkiye

2. GİRİŞ

1.1. Egzotik Bitki Nedir

Egzotik bitkiler asıl yaşam ortamının dışına bilerek ya da bilmeyerek getirilmiş ve burada yaşamını devam ettirmeye başlamış türlere verilen isimdir. Yerel olmayan bitki çeşitleri girmiş oldukları ekosistemler üzerinde farklı etkiler sergileyebilirler. Getirildikleri bölge haricine de yayılmış olan egzotik bitki çeşitleri istilacı olarak adlandırılır. Egzotik bitkilerin etkileri son derece farklılık gösterebilir. Bazı egzotik bitkilerin girdikleri ekosistem üzerinde yıkıcı ve olumsuz etkileri görülebilirken bazıları ya etkisiz olur ya da önemsenmeyecek derecede etki gösterir. Bazı egzotik bitkiler, zararlılar ile başa çıkabilmek için bilinçli bir şekilde ekosistemlere getirilmiştir. Biyolojik mücadelede kimyasal pestisitlerin yerine tercih edilen bu türler tarım için faydalı olarak görülebilirler. Bazı hallerde ise uzun süreçte etkilerin olumlu mu olumsuz mu olacağı hakkında tam olarak bir bilgi mevcut değildir.

1.2. Meyve

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

Döllenmeden sonra ovaryumun gelişerek ve farklılaşarak oluşturduğu yapıya meyve adı verilir. Ovaryumda karpel diye adlandırılan meyve yaprakları, meyve meydana geldikten sonra ‘’perikarp’’ (meyve çeperi) adını alır. Karpellerin gelişmesiyle meydana gelen meyvelere ‘’gerçek meyve’’ denir. Bunun dışında meyve oluşumuna karpelin yanı sıra çiçek tablası, hipantium veya periant gibi çiçek kısımlarının katılmasıyla meydana gelen meyvelere ‘’yalancı meyve’’ adı verilir. Genel anlamda döllenme olmaksızın tohum ve meyve gelişmezse de bazı hallerde tohumsuz meyve gelişimi de görülmektedir. Bunlara ‘’partenokarp’’meyve denir. Meyveleri tanımlara göre gerçek meyveler, yalancı meyveler ve partenokarp meyveler olarak üçe ayırmak mümkündür.

1.3. Gerçek Meyveler

Gerçek meyvelar bir çiçeğe ait tek bir ovaryumun gelişmesiyle meydana gelir. Bu ovaryum tek karpelden veya birden fazla karpelden yapılmış olabilir. Çiçekte, esas itibariyle epiderma, parankima ve iletim dokusundan yapılmış olan karpel, meyve gelişirken büyük değişikliğe uğrayarak ‘’Perikarp’’ (meyve çeperi) yapısını meydana getirir. Perikarpta genellikle dıştan içe doğru eksokarp (veya epikarp), mezokarp, endokarp olmak üzere üç bölge ayırt edilmektedir. Meyvelerde perikarp ya genellikle sukkulent (etli) ‘’parankima’’ hücrelerinden yapılmıştır, ya da sukkulent olmayan parankima ile birlikte ‘’sklerankima’’ hücrelerinden oluşmuştur. Bu farktan ötürü ‘’ etli meyveler’’ ve ‘’kuru meyveler’’ olmak üzere iki kısma ayrılır (Spjut, 1994).

1.3.1. Etli Meyveler

Etli meyveler genellikle iki tipte bulunur:

- **Baka (Üzümsü meyve):** Bütün perikarp etlidir. Vitis vinifera (üzüm), Solanum esculentum (domates)

- **Drupa (Çekirdekli sulu meyve, eriksi meyve):** Yalnız endokarp sert bir yapı gösterir. Prunus domestica (Erik), Cerasus vulgaris (Vişne) Cerasus avium (Kiraz), Persica vulgaris (Şeftali)

1.3.2. Kuru Meyveler

Kuru meyveler ya açılıp tohumlarını dışarı atarlar ve bunlar genel olarak birden fazla tohum taşır. Ya da sertleşmiş haldeki perikarp açılmadan kalır ve bunlar genel olarak tek tohumludur. Bu meyveler iki gurupta toplanır; açılan kuru meyveler ve açılmayan kuru meyvelerdir.

1.3.2.1 Açılan Kuru Meyveler

Tamamen perikarbı sertleşmiş bu meyveler açılış biçimlerine göre üç gurupta toplanır.

- **Folikül:** Apokarp ginekeumlu çiçeklerde, her bir bağımsız pistilden meydana gelen meyveye folikül denir. Foliküller karpellerin birleşme yerinden bir yarıkla açılır. Örnek olarak Hellborus sp. (çopleme) veya Eranthis sp. Verilebilir.

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

• **Legümen meyve:** Tek karpelden meydana gelen, olgunlaştığında karpelin hem birleşme yerinden hem de sırt kısmında iki yarıkla açılan meyvelerdir. Bu tip meyvelere Phaseolus vulgaris (fasulye), Pisum sativum (bezelye), Vicia faba (bakla) gibi Fabaceae (Baklagiller) familyası üyeleri için karakteristiktir.

• **Kapsül:** Genel olarak birden fazla karpelden oluşmuş sinkarp ovaryumdan meydana gelen meyvelerdir.

1. **Septisit Kapsül:** Açılma karpellerin birleşme yerlerinde gerçekleşir. Ör: Crocus sp. Meyvesi.
2. **Lokulisit Kapsül:** Karpellerin sırt tarafından açılan meyvelerdir. Ör: Viola (menekşe) meyveleri
3. **Dentisit Kapsula:** Kapsülün tepe kısmında bulunan kısa dış şeklindeki yarıklarla açılan meyvelerdir. Ör: Dianthus (karanfil) meyvesi
4. **Porisid Kapsül:** Kapsüllerin tepe kısmında delikler ile açılan meyvelerdir. Ör: Papaver (Haşhaş) meyveleri
5. **Piksid Kapsül:** Kapsül bir kapakla açılır. Ör: Anagallis (Fare kulağı), Lysimachia sp.
6. **Sentifragal Kapsül:** Lokulisit olan bir meyvede birleşmiş olan karpellerin iç kısmı bir sütun halinde kalırken, karpellerin tohum taşıyan dış kısımları tabandan itibaren birbirinden ayrılarak yukarı kalkar ve tohum dışarı atılır. Ör: Geranium (Turna gagası) ve Erodium (Dönbaba) meyveleri.
7. **Silikuva ve Silikula:** İki karpelden oluşan ovaryum sekonder bir bölme ile iki odaya ayrılmıştır. Olgunlaştığı zaman iki karpel kapak halinde yarılarak tohumları taşıyan sekonder bölmeden ayrılır. Ör: Brassicaceae (Hardalgiller) familyası için karakteristik olan bu meyvede meyvenin boyu eninin üç katından fazla ise silikuva, değilse silikula adı verilir. Silikuva'ya örnek olarak Brassica, Hesperis, Silikula'ya Aethionema, Alyssum, Fibigia örnek olarak verilebilir.

1.3.2.2. Açılmayan Kuru Meyveler

Bu meyvelerde tohum perikarbın içinde açılmadan kalır. Ancak meyve toprağa düştükten sonra perikarbın çürümesiyle meyve çimlenir. Bu gurupta beş çeşit meyve den söz etmek mümkündür.

• **Nuks (Fındıksı meyve):** Genel olarak tek tohum taşıyıp açılmayan meyvelere denir. Perikapları odunlaşmıştır. Corylus avellana (Fındık), Juglans regia (Ceviz), Amygdalus sp.(badem)

• **Aken (Kapçık meyve):** Alt durumlu ovaryumdan meydana gelen tek tohumlu, perikarpı tohuma sıkıca sarılmış ama testadan ayrı meyvelerdir. Ör: Helianthus annuus (Ayçiçeği), Cucurbita sp. (Kabak).

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

- **Karyopsis (Buğdaysı meyve):** Üst durumlu ovaryumdan gelişen tek tohumlu, perikarbı testa ile ayrılmayacak şekilde sıkıca birleşmiştir. Bu meyvelere tane de denir. Poaceae (Buğdaygiller) familyası için tipiktir. Ör: Triticum (Buğday).

- **Şizokarp (Yarılan meyve):** Sinkarp ovaryumdan oluşan meyveler birleşme yerlerinden veya bölmelerden yarılarak toprağa düşer. Apiaceae, Malvaceae ve Lamiaceae familyası meyveleri örnektir.

- **Segmental (Kırılan meyveler):** Bir veya daha fazla karpelden oluşmuş meyvelerin tek tohum taşıyan her bir segmenti enine veya boyuna kırılarak ayrılan meyvelerdir. Ör: Ceratonia silyqua (Keçiboynuzu).

Yalancı meyveler başta da belirtildiği gibi meyve oluşumun ovaryumun yanı sıra çiçeğin diğer elemanlarının dan (çiçek ekseni, brakte, periant) bir veya bir kaçının katılmasıyla oluşan meyvelerdir. Yalancı meyveler basit, agregat veya bileşik meyve şeklinde olabilir. Basit yalancı meyveler ovaryum gelişmesinin yanı sıra hipantiyum ya da periantın da meyve oluşumuna katılmasıyla ortaya çıkan yapılardır Örneğin, özellikle Rosaceae familyasında bu tip meyveler pom (elmamsı) olarak bilinir Agregat meyveler tek çiçekte bulunan çoklu ovaryumun gelişip farklılaşmasıyla ortaya çıkan meyvelerdir. Örneğin, Fragaria (çilek), Rubus (Böğürtlen). Birleşik meyveler, birden fazla çiçekten meydana gelmiş meyvelerdir. Bu duruma en iyi örnek Ficus carica (incir); burada hipantiyum çanak şeklini alarak ve hızla gelişerek içindeki çiçekleri döllenmeden sonra sarar ve birden fazla çiçekli yalancı meyveyi oluşturur. Bunun tam tersi Morus (Dut) da ise çok çiçekli bir meyvedir. Çiçek kurulundaki her bir çiçeğe ait periant etlenerek ve ovaryumlar gelişerek nuks tipi bileşik meyveleri oluşturur. Bir diğer yalancı meyve tipi ananasta görülür. Buralarda etlenmiş eksen ve çiçeklerin brakteleri bakka tipindeki meyvelerin yapısına iştirak ederek bişelik yalancı meyve meydana getirmiştir (Spjut, 1994).

1.2. Tohum

Tohum taslağının döllenmeden sonra gelişip olgunlaşmasıyla meydana gelir. Tohumların morfolojik özellikleri ve anatomik farklılıklar sistematik ayrımlarda önem arz eder. Bir tohuma dıştan bakıldığında ayırt edici özellikler olarak şunları sıralamak mümkündür: Tohumun şekli, boyutu, tohum kabuğunun yüzey özellikleri, hilumun yeri, arillus (funikulusun dışa doğru genişlemesiyle ortaya çıkan yapı), karunkula (mikropile yakın entigümentlerin etlenmesiyle oluşmuş çıkıntı) Bunların yanı sıra tohum içyapılarında önemli içyapılarında da önemli farklılıklar tespit edilmiştir. Özellikle endosperma, perisperma ve kotiledların gelişmesiyle ilgili olarak tohumlar üç grupta değerlendirilmiştir.

1. **Endospermalı tohumlar**: Bu tohumlar döllenme sırasında sekonder çekirdekler denilen nükleusların polenden gelen ikinci döller çekirdekle birleşip oluşan triploid hücrenin mitozla çoğalması sonucu ortaya çıkan maddeleridir. Örnek Ricinus (Hintyağı) Triticum (Buğday), Helianthus annus (Ayçiçeği) v.s

2. **Perispermalı tohumlar:** Tohum taslağındaki temel doku olan nusellusun gelişip farklılaşmasıyla ortaya çıkan bir yapıdır. Örnek Beta vulgaris (Pancar), Agrostemma (Karamuk) verilebilir.
3. **Kotiledonları besin depolayan tohumlar:** Birçok bitki türünde besi doku yoğun gelişmez. Bunun yerine kotiledonlarda tohumun çimlenmesi için gerekli olan nişasta benzeri besinler depolanır. Örnek Phaseolus vulgaris (Fasülye), Cicer (Nohut) berilebilir. Tohum içerisinde polen tübündeki iki spermadan biri olan generatif çekirdek tohum taslağındaki yumurta ile birleşerek zigotu meydana getirir. Bu zigotun ard arda mitozla bölünmesiyle genç bir embriyo teşekkül eder. Bu embriyoda şu kısımlar ayırt edilir;
    - **Kotiledon veya çenek** (Yapraksı yapı)
    - **Plumula:** Gövdeyi verecek olan meristem bölgesi
    - **Radikula:** Kökü verecek olan meristem bölgesi
    - **Hipokotil:** Kotiledonların alt tarafındaki kısa eksen
    - **Epikotil:** Kotiledon ile Plumula arasındaki kısa eksen.

5. MATERYAL VE METOD

Bu çalışmanın ana materyalini Türkiye'de egzotik olarak yetişen bitki taksonları oluşturmaktadır. Egzotik bitkiler gerek Türkiye florası gerekse bugüne kadar yayınlanmış bilimsel makalelerden listelenmiştir. Oluşturulan listede Türkiye'de yayılış gösterdiği bilinen 426 adet egzotik / yabancı yurtlu bitki taksonu belirlenmiştir. Bu taksonlar içinden ise 239 egzotik taksonun meyve tipi ve tohum özellikleri araştırılmıştır. 187 takson ile ilgili çalışmalar ise halen devam etmektedir.

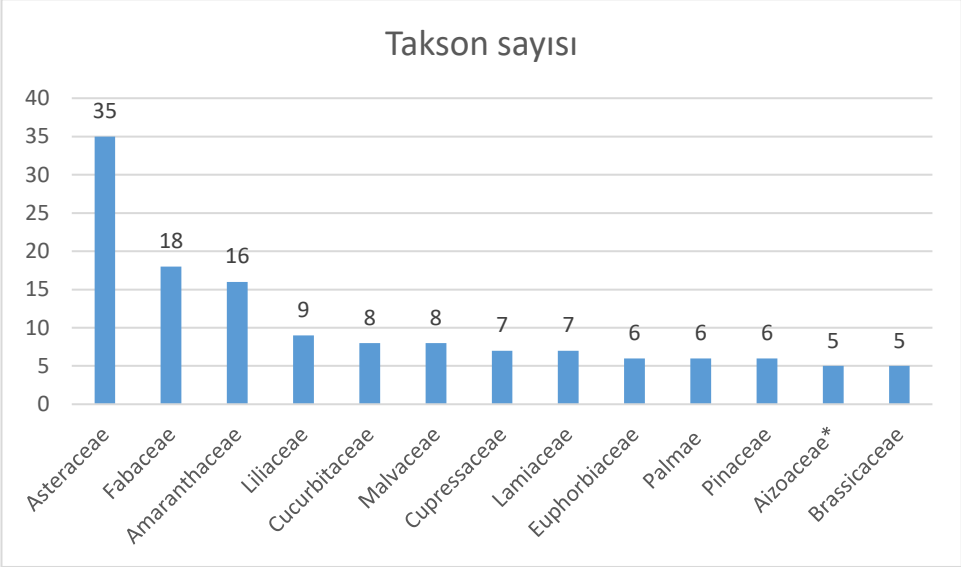
Bitki adları ve tohum özellikleri, World Online Flora (WOF, 2024), Kew-Plants of the World Online (POWO, 2024), The Plant List (2013'ten itibaren) ve Euro+Med Plantbase (2006-) gibi çevrimiçi botanik veri tabanlarından ve esas olarak bölgesel flora çalışmalarından elde edilmiştir; Flora Orientalis (Boissier, 1867-88), Avrupa Florası (Tutin ve diğ., 1964-1980), Rusya Florası (Komarov 1934-1978), Çin Florası (Wu ve diğ. 1999-2006), Meksika Florası (Sánchez, 1980), Türkiye Florası (Davis 1965-1985; Davis ve diğ. 1988; Güner ve diğ. 2000, Güner ve diğ. 2012), İran Florası (Rechinger, 1965-1977). Ek olarak, çok sayıda yayınlanmış makale ve check listler de dahil olmak üzere geniş bir literatür taraması da yapılmıştır (Weber, 1997; Bojnanský ve Fargašová, 2007; Coşkunçelebi vd., 2007; Vural vd., 2008; İnceer vd., 2012; Yazlık vd., 2014; Sevfi vd., 2017; Uludağ vd., 2017; Yıldırım vd., 2019; Palabaş Uzun vd., 2020; Terzioğlu, 2020; Yılmaz, 2021; Tunçkol vd., 2022; Uzun ve Verloove, 2023; Uzun ve Palabaş Uzun, 2024).

Meyve tipleri olarak; Kapsül (Capsule), Aken (Achene), Üzümsü (Berry) meyve, Karyopsis (Caryopsis) meyve, Bakla (Legumen) meyve, Çekirdekli sulu-eriksi (Drupa) meyve, Şizokarp meyve, Nus meyve, Üzümsü (Pepo) meyve, Folikül meyve, Silikula ve Silikuva meyve, Samara (Kanatlı nus) meyve, Cypsela meyve, Yalancı meyve, Bileşik meyve, Hesperidium meyve, Partenokarp meyve, Agregat meyve bulunmaktadır.

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

6. BULGULAR

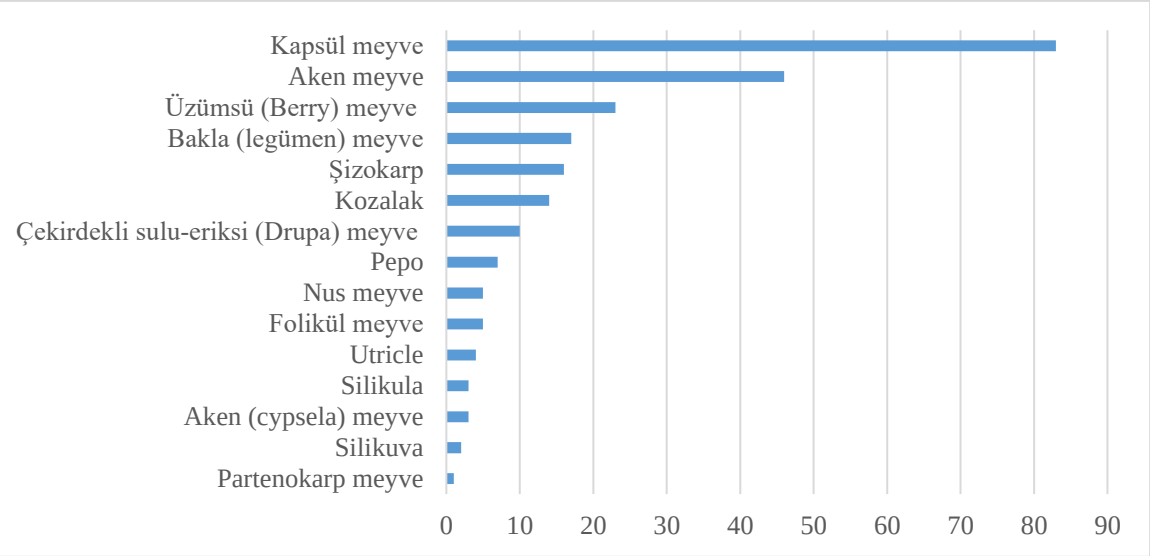
Bu çalışma kapsamında araştırılan 239 egzotik taksona ait familya adları, bilimsel adları, Türkçe adları, meyve tipleri, tohum ölçüleri ve özellikleri alfabetik sıralamaya göre aşağıda sunulmuştur. Bu taksonlardan en zengin familyalar Asteraceae, Fabaceae ve Amaranthaceae olarak sıralanmaktadır.



Görsel 1. Familya sıralaması

İncelenen taksonlar içerisinden 14 adeti kozalaklıdır. Meyve oluşturan diğer taksonlar ise; Kapsül meyveye sahip 83 takson, Aken meyve tipine sahip 46 takson, Üzümsü (Berry) meyve tipine sahip 23 takson, Bakla (legümen) meyve (17) takson, Şizokarp (16) takson, Çekirdekli sulu-eriksi (Drupa) meyve (10) takson, Pepo (7) takson, Folikül meyve (5) takson, Nus meyve (5) takson, Utricle (4) takson, Aken (cypsela) meyve (3) takson, Silikula (3) takson, Silikuva (2) takson, Partenokarp meyve (1) takson bulumaktadır (Görsel 2).

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



Görsel 2. Meyve tipleri sıralaması

Çizelge 1. Bitki tablosu

	Bilimsel Adı	**Familya**	**Türkçe adı**	**Meyve Tipi**	**Tohum Özelliği**
1	Abelmoschus esculentus L.	**Malvaceae**	(Bamya)	Kapsül meyve	Müsilajla kaplı yenilebilir beyaz tohumlar tohum pürüzsüz veya belirgin işaretler yok
2	Abryanthemum acinaciforme	**Aizoaceae***	(Buz çiçeği)	Kapsül meyve	Küçük ve nispeten göze çarpmayan. Tipik olarak yuvarlak veya hafif uzun şekillidirler ve renkleri açık kahverengiden koyu kahverengiye veya siyaha kadar değişir.
3	Abutilon theophrastii Medik.	**Malvaceae**	(İmam kavuğu)	Şizokarp meyve	3–3,5 mm tohumun üzerinde kıllar var Tohumun üzerinde kabarcıklar var
4	Acacia dealbata Link	**Fabaceae**	(Gümüşi Akasya)	Bakla (legümen) meyve	Tohum siyahtır ve 4-6 x 2-3 mm boyutlarında dikdörtgendir. Tohum yüzeyi genellikle pürüzlü veya hafif tırtıklı olabilir.
5	Acacia longifolia Willd.	**Fabaceae**	(Uzun akasya)	Bakla (legümen) meyve	Genellikle küçüktür, 3-6 mm uzunluğunda ve genellikle oval veya yuvarlak şekildedir. Tohum yüzeyi genellikle düzgün veya hafifçe tırtıklı olabilir.

6	Acalypha australis L.	**Euphorbiaceae**	(Burtam)	Kapsül meyve	1,5–1,8 mm, çok küçük çekirdekleri çıkarılmış.
7	Acanthus mollis L.	**Acanthaceae**	(Ayı pençesi)	Kapsül meyve	8-10 mm koyu kahverengi. Tohumlar sert, hafif buruşuk bir tohum kabuğuna sahiptir ve şekilleri oval ve basıktır.
8	Acer negundo L.	**Aceraceae**	(Dişbudak yapraklı akçaağaç)	Şizokarp (tek tek samara) meyve	Tek bir buruşuk tohum içeren nus.
9	Acorus calamus L.	**Araceae**	(Hazanbel / Eğir kökü)	Üzümsü (Berry) meyve	1-3 dikdörtgen
10	Agave americana L.	**Agavaceae***	(Amerikan sabırı)	Kapsül meyve	Tohumlar 6-8 mm uzunluğunda) siyah renkli ve parlak görünümlüdür.
11	Agrostemma githago L.	**Caryophyllaceae**	(Karamuk)	Kapsül meyve	Yumurtamsı ya da böbreksi ve 2,5 ila 3 mm uzunluğundadır.
12	Allium cepa L.	**Liliaceae**	(Soğan)	Kapsül meyve	2-4 mm uzunluğunda tohumların yüzeyi pürüzsüzdür. Tohumun iç kısmında embriyo bulunur.
13	Allium porrum L.	**Liliaceae**	(Pırasa)	Kapsül meyve	Genellikle 2-3 mm uzunluğunda tohumun iç kısmında embriyo bulunur. Tohumların yüzeyi pürüzsüz ve hafif parlak olabilir.
14	Allium sativum L.	**Liliaceae**	(Sarımsak)	Kapsül meyve	Küçük, yuvarlak veya hafif eliptik, siyah veya koyu kahverengi renkte.
15	Allium triquetrum L.	**Liliaceae**	(Yitik soğan)	Kapsül meyve	6-7 mm uzunluğunda, siyah dikdörtgen tohumlu.
16	Aloe vera (L.) Burm.	**Liliaceae**	(Sarı sabır)	Kapsül meyve	1 ila 2 mm boyutlarında ve kahverengi renktedir. Tohumların yüzeyi pürüzlü veya hafif kırışık olabilir. Tohumların iç yapısında, embriyo ve endosperm adı verilen besin deposu bulunur.
17	Alternanthera sessilis (L.) DC.	**Amaranthaceae**	(Brezilya Ispanağı)	Kapsül meyve	Tohum disk şeklinde yaklaşık 1 mm çapında
18	Amaranthus albus L.	**Amaranthaceae**	(Beyaz horoz ibiği)	Septifragal Kapsül	Tohum: 1 [2+], küçük, merceksi ila küresel,

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

					pürüzsüz veya noktalı ila çizgili veya yumrulu.
19	Amaranthus blitoides S.Wats	**Amaranthaceae**	(Sürünücü Horoz İbiği)	Septifragal Kapsül	Tohum 1,3-1,5 mm, yuvarlak obovat, siyah, pek parlak değil. 1000 tohumun kütlesi 0,5-0,6 g'dı
20	Amaranthus blitum L.	**Amaranthaceae**	(Horoz ibiği çiçeği)	Utricle	Tohum küreseldir, sıkıştırılmıştır, çapı 1 ila 1,75 mm'dir, rengi koyu kahverengi veya siyahtır, merkezi hafif çapraz bağlı ve parlaktır, kenar kısmı daha donuktur, ağ yapısının üzerinde ince noktalı veya pürüzlüdür.
21	Amaranthus caudatus L.	**Amaranthaceae**	(Uzum ibik)	Septifragal Kapsül	Koyu kahverengi ila kahverengimsi siyah veya kırmızımsı kahverengi, sarımsı beyaz veya fildişi, merceksi ila neredeyse küremsi, 1-1,2(-1,5) mm çapında, pürüzsüz veya belirsiz noktalı.
22	Amaranthus chlorastachys Willd.	**Amaranthaceae**	(Bazı horozibiği)	Septifragal Kapsül	Tohumlar siyah ila koyu kırmızımsı kahverengi, merceksi ila merceksi-küresel, 1-1,3 mm, pürüzsüz, parlak, kenar çevresinde hafifçe ağsı. Embriyo U şeklindedir, testanın hemen içindedir ve endospermi çevreler veya içine alır..
23	Amaranthus crassipes Schltdl.	**Amaranthaceae**	(Boduribik)	Utricle	Küçük (1-1.5 mm çapında), yuvarlak ve düz; siyah, kahverengi veya koyu kırmızı renkte; pürüzsüz ve parlak yüzey.
24	Amaranthus cruentus L.	**Amaranthaceae**	(Horozibiği çiçeği)	Septifragal Kapsül	Tohumlar küçük, yaklaşık 1-1.5 mm çapında, yuvarlak ve düz bir yapıya sahiptir. enkleri genellikle parlak siyah, koyu kahverengi veya beyaz olabilir. Tohumlar hafif olup, çok sayıda üretilir.

25	Amaranthus deflexus L.	**Amaranthaceae**	(Sarkıkibik)	Utricle	Tohumlar çok koyu kahverengiden siyaha kadar, 1-1,2 mm çapında, parlak, meyvenin yalnızca proksimal kısmını dolduruyor.
26	Amaranthus hybridus L. var. hybridus	**Amaranthaceae**	(Karagöz mancarı)	Kapsül meyve	Tohumlar oldukça küçüktür, genellikle 1-2 mm çapındadır. Yuvarlak ve hafif yassıdır. Tohum kabuğu ince ve serttir.
27	Amaranthus hypochondriacus L.	**Amaranthaceae**	(Galler prensi / Prens tüyü)	Kapsül meyve	Tohumlar beyaz, neredeyse küremsi, yaklaşık 1 mm çapındaYuvarlak ve hafif yassıdır. Tohum kabuğu ince, ancak dayanıklıdır.
28	Amaranthus palmeri S. Watson	**Amaranthaceae**	(Dev horozibiği)	Utricle	Tohum siyah ve parlak, sıkıştırılmış, c. 1 mm., merkezi neredeyse pürüzsüz, kenarlarda hafifçe ağsı.
29	Amaranthus retroflexus L.	**Amaranthaceae**	(Kaba tüylü solmaz çiçek)	Kapsül meyve	Tohumlar kahverengimsi siyah, yarı küremsi veya obovoid, yaklaşık. 1 mm çapında. Tohumlar parlak.
30	Amaranthus tricolor L.	**Amaranthaceae**	(Yusuf hırkası)	Kapsül meyve	Tohumlar kahverengimsi siyah, yarı küremsi veya obovoid, yaklaşık. 1 mm çapında. Tohum yüzeyi genelde pürüzlüdür bazılarında kabartmalar olabilir
31	Amaranthus viridis L.	**Amaranthaceae**	(Yeşil ibik)	Aken meyve	Tohumlar siyah veya koyu kahverengi, neredeyse küremsi ila kalın merceksi, 1 mm çapında, çok az noktalı, oldukça donuk.
32	Ambrosia artemisiifolia L.	**Asteraceae**	(Arsiz zaylan)	Aken meyve	3-4 mm uzunluğunda
33	Ambrosia tenuifolia Spreng.	**Asteraceae**	(İnce zaylan)	Aken meyve	Tohumları kancalı dikenli.
34	Ammannia x coccinea Rottb.	**Lythraceae**	(Kızılamanotu)	Kapsül meyve	Tohumlar çok sayıda, neredeyse oval, yaklaşık. 0,4 mm uzunluğunda, sarımsı kahverengi.

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

35	Aptenia cordifolia (L.f.) Schwantes	**Aizoaceae***	(Buz çiçeği)	Kapsül meyve	Pürüzlü bir yüzeye sahip büyük bir siyah-kahverengi tohum bulunur.
36	Arachis hypogaea L. *	**Fabaceae**	(Yer fıstığı)	Bakla (legümen) meyve	Her tohum ince, kağıt gibi bir tohum kabuğuyla kaplıdır. Tohum yüzeyi genellikle pürüzsüz ve düzgün1 ila 2 cm uzunluğunda ve 1 ila 1.5 cm genişliğinde
37	Araujia sericifera Brot.	**Asclepiadaceae**	(Ağaç bamya)	Folikül meyve	Tohumlar 4-8 mm uzunluğunda ve tepelerinde 20-30 mm uzunluğunda uzun beyaz ipeksi tüylerden oluşan bir tutam bulunur.
38	Artemisia dracunculus L.	**Asteraceae**	(Tarhun)	Aken meyve	1-1.5 mm
39	Artemisia verlotiorum Lamotte	**Asteraceae**	(Laz yavşanı)	Aken meyve	Dikdörtgen-eliptik, yaklaşık 1,1 mm.
40	Asclepias curassavica L.	**Apocynaceae**	(İpek çalısı)	Folikül meyve	Oval şekilli yassı ve 6–7 mm uzunluğunda.
41	Aster subulatus Michaux	**Asteraceae**	(Arsızpat)	Aken meyve	1,5-2 mm uzunluğunda. Kıllı ila seyrek kıllı. 4-5 nervürlü.
42	Astragalus austriacus L.	**Fabaceae**	(Sağır geveni)	Bakla (legümen) meyve	Tohum: 1–7 mm uzunluğunda; 0,8–5 mm genişlik; 0,1–2 mm kalınlıkta
43	Bauhinia variegata (L.) Benth [**syn.** Phanera variegata (L.) Benth.]	**Fabaceae**	(Orkide ağacı)	Bakla (legümen) meyve	Tohumlar 10-15, sıkıştırılmış, neredeyse küre şeklinde, yakl. 10 mm çapında.
44	Berberis thunbergii DC.	**Berberidaceae**	(Kadıntuzluğu)	Üzümsü (Berry) meyve	Oval şekilli ve küçük genellikle 3-5 mm uzunluğunda yüzeyi hafif pürüzlüdür.
45	Berberis veitchii C.K.Schneid.	**Berberidaceae**	(Siyah meyveli kadıntuzluğu/ Sarıçalı)	Üzümsü (Berry) meyve	Küçük, oval ve yaklaşık 3-5 mm uzunluğunda Tohumların yüzeyi hafif pürüzlüdür Tohumların dış kabuğu sert
46	Berteroa orbiculata DC.	**Brassicaceae**	(Pisik cırnağı)	Silikula	Genellikle 1-2 mm uzunluğunda oval veya yuvarlak Tohum yüzeyi pürüzsüzdür ve sert bir dış kabuğa sahip

47	Bidens bipinnata L.	**Asteraceae**	(İki suketeni)	Aken meyve	2-4 mm
48	Bidens frondosa L.	**Asteraceae**	(Yaprak suketeni)	Aken meyve	Tohumlar ¼ ila 1/3 inç uzunluğundadır ve üst kısmında tüyleri veya kumaşı yakalayarak tohumların dağılmasını sağlayan 2 adet dikenli kılçık (awn) bulunur.
49	Bidens pilosa L.	**Asteraceae**	(Tarla suketeni)	Aken meyve	3-5 mm çapında
50	Bidens tripartita L.	**Asteraceae**	(Üç suketeni)	Aken meyve	Tohumlar 1/3 ila ½ inç uzunluğundadır, genellikle 3 dikenli kılçığı vardır, orta kılçığı yan kılçıklarından daha kısadır.
51	Bougainvillea glabra Choisy	**Nyctaginaceae**	(Begonvil sarmaşığı)	Aken meyve	Meyvenin içinde tek bir tohum bulunur. Tohumlar oldukça küçüktür. Tohumlar sert bir dış kabuk ile korunur.
52	Bougainvillea spectabilis Willd.	**Nyctaginaceae**	(Büyük begonvil)	Aken meyve	Meyvenin içinde tek bir tohum bulunur. Tohumlar oldukça küçüktür ve sert bir kabukla çevrilidir.
53	Bougainvillea x buttiana Holttum & Standl.	**Nyctaginaceae**	(Bodur begonvil)	Aken meyve	Meyvenin içinde tek bir tohum bulunur. Tohumlar oldukça küçüktür. Tohumlar sert bir dış kabuk ile korunur.
54	Caesalpinia gilliesii Wall. ex Hook.	**Fabaceae**	(Zampara bıyığı)	Bakla (legümen) meyve	Tohumlar 4-8, oval.
55	Calendula officinalis L.	**Asteraceae**	(Aynisefa çiçeği)	Aken meyve	3 ila 5 mm çapında ve yuvarlak-oval
56	Callistemon viminalis (Sol. ex Gaertn.) G.Don	**Myrtaceae**	(Fırça çalısı)	Kapsül meyve	Her bir kapsül içerisinde yüzlerce tohum olabilir. Genellikle kahverengi veya siyah renkte olan bu tohumlar, oldukça küçüktür.
57	Camellia sinensis (L.) Kuntze	**Theaceae**	(Çay bitkisi)	Kapsül meyve	Kahverengi tohumlar yarı küremsi olup 1-1.4 cm çapındadır.
58	Campsis radicans Seem.	**Begoniaceae**	(Acemborusu)	Kapsül meyve	Genellikle yassı ve oval 8-10 mm uzunluğunda ve 4-6 mm genişliğinde üzeyi genellikle pürüzsüzdür. Her tohum,

					ince bir zarla kaplanmış, kanat benzeri yapılara sahiptir.
59	Canna indica L.	**Cannaceae**	(Kana çiçeği)	Kapsül meyve	Tohumlar küçük, küresel, siyah topaklardır, suya batacak kadar sert ve yoğundur
60	Cardamine flexuosa With. [**syn.** Cardamine occulta Hornem.]	**Brassicaceae**	(Sinanotu)	Silikuva	Genellikle 1-2 mm uzunluğunda ohumlar oval veya yuvarlak ohum yüzeyi pürüzsüzdür ve sert bir dış kabuğa sahip
61	Carex vulpinoidea Michaux	**Juncaceae**	(Çimen ayakotu)	Nus meyve	Akenler 3 taraflıdır, 2,2 ila 3 mm uzunluğunda, 1,2 ila 1,7 mm genişliğindedir, en genişi orta veya üzerindedir ve uzun, kalıcı bir stile sahiptir.
62	Carpobrotus edulis (L.) N.E. Br.	**Aizoaceae***	(Kazayağı)	Üzümsü (Berry) meyve	Tohumları küçük, oval veya eliptik şeklindedir. Yaklaşık 1-2 mm uzunluğunda olabilirler. Tohumların dış yüzeyi pürüzsüz ve serttir. Meyvede çok sayıda küçük tohum bulunur. Bir meyve, yüzlerce tohum içerebilir.
63	Carthamus tinctorius L.	**Asteraceae**	(Aspir)	Aken meyve	Pürüzsüz, parlak ve köşeli, yaklaşık 6-9 mm uzunluğunda
64	Casuarina equisetifolia L.	**Casuarinaceae**	(Demir ağacı)	Kapsül meyve	Tohumlar eliptik, kanatlı, 6-8 mm uzunluğundadır.
65	Catalpa bignonioides Walter	**Bignoniaceae**	(Katalpa)	Kapsül meyve	Genellikle yaklaşık 2 cm uzunluğunda ve 0.5 cm genişliğinde tohumlar, ince bir zarla çevrilidir ve her iki uçta da kanat benzeri yapılar bulunur.
66	Cedrus atlantica (Endl.) Carrière	**Pinaceae**	(Atlas sediri)	Kozalak (odunsu)	Tohumlar oval-konik, kahverengi, 8-13 mm uzunluğunda ve 18-25 mm geniş kama şeklinde kanatlı
67	Centaurea pullata L.	**Asteraceae**	İber/Mor Peygamber çiçeği)	Aken meyve	Tohum 3-4 mm. Pappusun uzunluğu: 2,5-3 mm.
68	Cestrum parqui L'Her	**Solanaceae**	(Şili yasemini)	Üzümsü (Berry) meyve	Yaklaşık 2-3 mm çapında yuvarlak veya

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

					hafif oval ohumların yüzeyi pürüzsüzdür ve sert bir dış kabukla kaplıdır.
69	Chenopodium giganteum D.Don	**Chenopodiaceae**	(Ispanak ağacı)	Aken meyve	Tohum yatay, siyah veya kırmızı-siyah, yaklaşık. 1,5 mm çapında, ağsı çizgili, ağız kenarı geniş. Genel olarak pürüzsüz bir görünüm verir.
70	Chrysojasminum humile (L.) Banfi [**syn.** Jasminum humile L.]	**Oleaceae**	(İtalyan yasemini)	Üzümsü (Berry) meyve	Genellikle tek bir tohum içeren ve oval veya hafif yassı bir yapıya sahip olan çekirdeklerdir. 1 ila 2 cm uzunluğunda Tohum yüzeyi, düz veya hafif kabarcıklı olabilir ve sert bir doku ile kaplıdır.
71	Cicer arietinum L. *	**Fabaceae**	(Nohut)	Bakla (legümen) meyve	Kabaca küresel, pürüzsüz veya pürüzlü yüzeyli, çapı 14 mm'ye kadar. Rengi değişkendir, genellikle kuruduğunda kremsi-beyazımsı renktedir. Bakla başına bir veya iki tohum.
72	Cichorium endivia L.	**Asteraceae**	(Bostan hindibası)	Aken meyve	Oval veya yuvarlak 1-2 mm
73	Citrullus lanatus (Thunb.) Matsum. & Nakai	**Cucurbitaceae**	(Karpuz)	Pepo	Tohumlar küçük ve yassıdır, genellikle 0.5-1.5 cm uzunluğunda ve 0.3-0.7 cm genişliğindedir. Tohum yüzeyi genellikle pürüzsüz ve serttir
74	Clerodendrum bungei Steudel	**Lamiaceae**	(Kısmet ağacı)	Çekirdekli Sulu meyve (Drupa)	Genellikle 2-4 mm uzunluğunda yuvarlağımsı tohumların yüzeyi pürüzsüzdür, ancak bazı tohumlar hafif çizgili olabilir. Tohumun iç kısmında embriyo bulunur.
75	Clerodendrum trichotomum Thunberg	**Lamiaceae**	(Hoş kısmetağacı)	Çekirdekli Sulu meyve (Drupa)	Tohumları 3-5mm arası kahverengi dışı pürüzsüz Tohumun iç kısmında embriyo bulunur.

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

76	Clinopodium debile (Bunge) Kuntze	**Lamiaceae**	(Afgan fesleğeni)	Şizokarp (tek tek nus) meyve	1-2 mm çapında yuvarlak veya oval, tohumların dış yüzeyi genellikle pürüzsüz veya hafifçe kabartmalı tohumun dokusu sert ve sağlam.
77	Commelina communis L.	**Commelinaceae**	(Asya gün çiçeği)	Kapsül meyve	Tohumlar ikişer kapakçıklı, kahverengi-sarı, yarı elipsoid 2–3 mm, 1 yüzeyi yassı, düzensiz çukurlaşmış (oyuklu), son kısmı kesiklidir.
78	Convallaria majalis L. var. majalis *	**Liliaceae**	(İnci çiçeği)	Üzümsü (Berry) meyve	Yarı saydam yuvarlak bir boncuk halinde kuruyan birkaç büyük beyazımsı ila kahverengimsi renkli tohum içerir.
79	Conyza albida Willd. ex Sprengel	**Asteraceae**	(Ak çakalotu)	Aken meyve	Tohum yüzeyi genellikle pürüzsüzdür ancak bazen hafifçe tüylenebilir.
80	Conyza bonariensis (L.) Cronquist var. bonariensis	**Asteraceae**	(Çakalotu)	Aken meyve	Yaklaşık 1,5 mm uzunluğunda üst kısmı belirgin şekilde daha uzun, beyaz veya pembe olan 16-20 tüylerle kaplı, doğrusal şekilli bir tohumdur
81	Conyza canadensis (L.) Cronquist	**Asteraceae**	(Selvi otu)	Aken meyve	Oval veya elipik 1-3 mm
82	Cordia myxa L.	**Boraginaceae**	(Yellim ağacı)	Çekirdekli Sulu meyve (Drupa)	1-2 cm uzunluğunda eliptik veya oval şekilde ohum yüzeyi sert ve pürüzsüzdür.
83	Corylus maxima Mill.	**Corylaceae**	(Lambert fındığı)	Nus meyve	Büyük ve ovaldir, genellikle 1-2 cm uzunluğunda ve 1-1.5 cm genişliğindedir.
84	Crassocephalum crepidioides (Bentham) S. Moore	**Asteraceae**	(Duduka)	Aken meyve	Kotiledonların sap kısmı 2-3 mm uzunluğunda tüysüz, alt kısmı mor renklidir.
85	Crocus sativus L. *	**Iridaceae**	(Safran)	Kapsül meyve	Genellikle 3-4 mm uzunluğunda tohum genelde prüzsüz ama bazılarında hafif prüzlülük olabilir testa sert ve koruyucu

					tohumun iç kısmında embriyo bulunur.
86	Cryptomeria japonica (Thunb. ex L.f.) D.Don	**Taxodiaceae**	(Japon çamı)	Kozalak (odunsu)	Tohum 4-6 × 2-3 mm, yassı, dar kanatlı; kanatlar eşit değil.
87	Cucumis melo L.	**Cucurbitaceae**	(Kavun, Muskmelon)	Pepo	Küçük ve oval şekillidir, genellikle 0.5-1.5 cm uzunluğunda ve 0.3-0.7 cm genişliğindedir. Tohum yüzeyi genellikle pürüzsüz ve serttir.
88	Cucurbita maxima Lam.	**Cucurbitaceae**	(Kabak)	Pepo	Tohumlar orta büyüklükte olup, genellikle 1-2 cm uzunluğunda ve 0.5-1 cm genişliğindedir. Tohum yüzeyi genellikle pürüzsüz ve serttir, bazı çeşitlerde hafif tırtıklı olabilir.
89	Cucurbita moschata (Lam.) Poiret	**Cucurbitaceae**	(Kabak)	Pepo	Orta büyüklükte olup, genellikle 1-2 cm uzunluğunda ve 0.5-1 cm genişliğindedir. Genellikle beyaz veya krem rengindedir. Tohum yüzeyi genellikle pürüzsüz ve serttir, bazı çeşitlerde hafif tırtıklı olabilir.
90	Cucurbita pepo L.	**Cucurbitaceae**	(Kabak)	Pepo	Küçükten orta büyüklüğe kadar değişir, genellikle 1-2 cm uzunluğunda ve 0.5-1 cm genişliğindedir. Genellikle beyaz veya krem rengindedir. Tohum yüzeyi genellikle pürüzsüz ve serttir, ancak bazı çeşitlerde hafif tırtıklı olabilir.
91	Cupressus arizonica Greene	**Cupressaceae**	(Arizona servisi / Mavi servi)	Kozalak (odunsu)	Tohumlar genellikle küçük olup, yaklaşık 4-7 mm uzunluğundadır. Tohumların dış kısmı sert ve koruyucu bir kabuk ile kaplıdır. Her tohumun yanında, rüzgârla taşınmasını kolaylaştıran küçük kanatçıklar bulunur.

					Tohumun iç kısmında, embriyo ve besin maddesi depolayan endosperm bulunur
92	Cupressus macrocarpa Hartw.	**Cupressaceae**	(Limoni servi)	Kozalak (odunsu)	Küçük, oval veya yuvarlak şekildedir. Tipik olarak 3 ila 6 mm uzunluğunda
93	Cyclospermum leptophyllum (Pers.) Sprague ex Britton & P.Wilson	**Apiaceae**	(Bataklık maydanozu, İnce kereviz, Göknar yapraklı kereviz, Yabani kiraz)	Şizokarp meyve	Bireysel tohumlar 1,0–1,5 mm. Her tohumun bir tarafı düz ila hafif içbükey, diğer tarafı ise dışbükey ve dikkat çekici bir şekilde nervürlüdür (2 oluk ile ayrılmış 3 kaburga)
94	Cyperus congestus Poir.	**Cyperaceae**	(Samar)	Aken meyve	Üçgenimsi, dar-obovoid, kavuzun yaklaşık yarısı kadar uzunlukta, c. 1,5 mm uzunluğunda, c. 0,6 mm çap, koyu kahverengiden siyaha.
95	Cyperus eragrostis Lam.	**Cyperaceae**	(Uzun hasırotu)	Aken meyve	Üç parçalı, obovoid, kavuzun yaklaşık yarısı kadar uzunlukta, 1–1,4 mm uzunluğunda, c. 0,5 mm çapında, koyu kahverengiden grimsiye kadar.
96	Cyperus eragrostis Lam.	**Cyperaceae**	(Uzun düz saz)	Aken meyve	Üç kenarlı, 1,2 ila 1,4 mm, saplı, ince ağsı, ucu gagalı.
97	Deutzia gracilis Siebold & Zucc.	**Hydrangeaceae**	Japon kar çiçeği)	Kapsül meyve	Genellikle 1-2 mm uzunluğunda Tohum yüzeyi pürüzsüz ve parlaktır. Tohumun iç kısmında embriyo bulunur.
98	Deutzia scabra Thunb.	**Hydrangeaceae**	Havlu püsküllü)	Kapsül meyve	Yaklaşık 1-2 mm uzunluğunda Tohumun iç kısmında embriyo bulunur.
99	Dichrocephala integrifolia (L. fil.) Kuntze	**Asteraceae**	(Kırtık otu)	Aken meyve	Hermafrodit akenlerin pappusları tüysü 0-5-1 mm.
100	Diospyros kaki L.	**Ebenaceae**	(Trabzon hurması)	Çekirdekli Sulu meyve (Drupa)	Yaklaşık olarak 1-2 cm uzunluğunda ve oval şekildedir. Tohum yüzeyi genellikle

					pürüzsüzdür ve sert bir kabuk ile kaplıdır.
101	Drosanthemum floribundum (Haw.) Schwantes	**Aizoaceae***	(Acem halısı)	Kapsül meyve	Tohumlar oldukça küçüktür ve genellikle kahverengi veya siyah renkte olabilir. Yüzeyleri pürüzsüz veya hafifçe dokulu olabilir.Tohumlar, embriyo ve endosperm içeren bir tohum kabuğu ile kaplıdır.
102	Duranta erecta L.	**Verbenaceae**	(Ağaç menekşesi)	Üzümsü (Berry) meyve	Küçük ve oval 2-4 mm Tohumların yüzeyi genellikle düzdür ve parlak Tohumların kabuğu sert ve dayanıklı Bazı Duranta erecta tohumlarında kabuklarında hafif çıkıntılar veya desenler olabilir. Tohumların iç yapısı tek bir tohum içerir. Tohumun içinde embriyo ve besin dokuları bulunur.
103	Dysphania ambrosioides (L.) Mosyakin & Clemants	**Chenopodiaceae**	(Meksika çayı)	Aken meyve	Genellikle yaklaşık 2 cm uzunluğunda ve 0.5 cm genişliğinde Tohumlar, ince bir zarla çevrilidir ve her iki uçta da kanat benzeri yapılar bulunurTohumlar hafif ve aerodinamik bir yapıya sahiptir
104	Egeria densa Planch.	**Hydrocharitaceae**	(Büyük çiçekli su yosunu)	Kapsül meyve	Tohum yüzeyi genellikle pürüzsüzdür. Tohumların dış kısmı sert bir kabukla (testa) kaplıdır. Tohumun iç kısmında embriyo bulunur.
105	Elatine ambigua Wight	**Elatinaceae**	(Geniş solucanotu)	Kapsül meyve	Lokül başına 10, dar dikdörtgensi, düz veya kavisli 15–30°, 0,3 × 0,1 mm; çukurlar belirsiz, yuvarlak, uzunluk genişliğin 1-4 katı, 6 sıra halinde, sıra başına 19-25.

106	Elodea canadensis Michaux	**Hydrocharitaceae**	(Elodea)	Kapsül meyve	Tohumlar 4-5 mm uzunluğunda, iğ şeklinde ve pürüzsüzdür.
107	Elsholtzia ciliata (Thunb.) Hyl.	**Lamiaceae**	(Köri yaprağı)	Nus meyve	Genellikle 1-2 mm uzunluğunda ve oval şekildedir. Tohumların yüzeyi genellikle pürüzsüz ve parlaktır. Tohumun iç kısmında embriyo bulunur.
108	Erigeron annuus (L.) Pers.	**Asteraceae**	(Hemşin şifaotu)	Aken meyve	İnce tohum 1 mmm'den kısa, kahverengi ve neredeyse tüysüzdür.
109	Erysimum cheiri (L.) Crantz	**Brassicaceae**	(Sarı şebboy)	Silikuva	Dikdörtgen-oval, kanatlı, yaklaşık 3 mm uzunluğunda, ince ağsı, ıslatıldığında zamklıdır.
110	Eucalyptus camaldulensis Dehnh.	**Myrtaceae**	(Sıtma ağacı)	Kapsül meyve	Tohumlar küp şeklinde, sarıdan sarı-kahverengiye kadar.
111	Euphorbia heterophylla L.	**Euphorbiaceae**	(Cin sütleğen)	Şizokarp	Tohumlar oval, 2,5 mm çapında, siğilimsi, siyahımsı kahverengidir ve embriyo tohumun tepe noktasına doğru yerleşmiştir
112	Euphorbia humifusa Willd.	**Euphorbiaceae**	(Ezik sütleğen)	Şizokarp	Oval, açılı veya dörtgen, yüzeyi pürüzsüz veya çeşitli biçimlerde şekillendirilmiş, kıkırdaklı veya kıkırdaksız.
113	Euphorbia lathyris L.	**Euphorbiaceae**	(Hubbüsselâtin)	Şizokarp	Kahverengimsi veya siyahımsı, dikdörtgensi, 4,5–6 × 3–4,2 mm, buruşuk, düzensiz ağsı; kıkırdak substipitat, şapka şeklinde, 1,6–2 × 1,2–1,5 mm.
114	Euphorbia maculata L. [**syn.** Euphorbia supina Rafin.]	**Euphorbiaceae**	(Benli sütleğen)	Şizokarp	0,9–1,6 mm uzunluğunda, tohumun üzerinde paralel çıkıntılar var (nervürlü)
115	Euphorbia serpens Kunth	**Euphorbiaceae**	(Sütleğen)	Şizokarp	Beyaz ila gri veya açık pembe, oval, açıkça 3–4 açılı kesitli, 0,7–1,1 × 0,4–0,7 mm, pürüzsüz.
116	Fallopia convolvulus	**Polygonaceae**	(Yayılgan)	Aken meyve	Kabuğun içinde, minik, taneli çıkıntılarla kaplı bir tohum bulunur.

117	Felicia amelloides (L.) Voss	**Asteraceae**	(Mavi papatya)	Aken meyve	Tek tohumlu, açılmayan meyvelerters yumurta şeklindedir, yaklaşık 4 mm (0,16 inç) uzunluğunda ve 2 mm (0,079 inç) genişliğindedir, yüzeyi hafif pullu ve kısa tüylerle kaplıdır.
118	Galinsoga ciliata (Rafin.) S.F. Blake	**Asteraceae**	(Kıllı beşpat)	Aken meyve	Tüylü, 1,5 mm uzunluğunda, tabanı konik, tacı andıran beyaz papuslarla çevrilidir
119	Gamochaeta coarctata (Mill.) Wedd.	**Asteraceae**	(Gri keçeotu)	Aken meyve	Yuvarlak veya oval şekle 1-2 mm tohumların dış yüzeyi genellikle düzgün veya hafif kabartmalı olabilir
120	Gasteria obliqua (Aiton) Duval	**Xanthorrhoeaceae**	(Avukatın dili)	Kapsül meyve	Yuvarlak veya oval tohumun dokusu genellikle serttir ve koruyucu bir kabukla çevrilidir. 2-5 mm
121	Geranium macrorrhizum L.	**Geraniaceae**	(Büyük köklü turnagagası)	Kapsül meyve	Tohumlar küçük, oval ve pürüzsüz bir yapıya sahiptir. Her bir tohum yaklaşık 1-2 mm uzunluğundadır.
122	Gleditsia triancanthos L.	**Fabaceae**	(Amerikan gledіçyası)	Bakla (legümen) meyve	Tohumlar koyu kahverengi ve parlak, çok sert, düzleştirilmiş böbrek şeklinde, yaklaşık 1/3 inç uzunluğundadır. .
123	Gomphocarpus fruticosus (L.) Aiton [**syn.** Asclepias fruticosa L.]	**Asclepiadaceae**	(Pamuk ağacı)	Folikül meyve	Çok sayıda, siyah renkli.
124	Gomphrena globosa L.	**Amaranthaceae**	(Hanım düğmesi)	Aken meyve	Tohumlar parlak kırmızımsı kahverengi, böbrek şeklinde, 1,5-2 mm genişliğinde ve kalın bir kaplamayla kaplıdır.
125	Gossypium barbadense L.	**Malvaceae**	(Ak altın)	Kapsül meyve	Tohumlar tüysüz ve keldir. Tiftik, ekstra uzun elyaf uzunluğuyla (>30 mm) en iyi kalitededir
126	Gossypium herbaceum L.	**Malvaceae**	(Pamuk)	Kapsül meyve	Tohumların kısa tüyleri ve tüyleri vardır
127	Gossypium hirsutum L.	**Malvaceae**	(Kaba pamuk)	Kapsül meyve	Tohumlar bol tüylere ve kalın bir tüye sahiptir.

128	Grindelia hirsutula Hook	**Asteraceae**	(Tüylü sakız otu)	Aken meyve	2,5-5,5 mm, üst kısmı kesikten yumruya kadar; Pappus kılçıkları 2-4 Pappus sert, sivrilen kıllardan yapılmıştır
129	Helianthus annuus L.	**Asteraceae**	(Ayçiçeği)	Kapsül meyve	Böbrek şeklinde, çentikli, basık, 1 mm kalınlığında ve 2-3 mm uzunluğundadır
130	Helianthus tuberosus L.	**Asteraceae**	(Yer elması)	Aken meyve	5-7 mm uzunluğunda, tüysüz veya tüylüdürler ve bir pappusa yapışıktırlar
131	Heliotropium curassavicum L	**Boraginaceae**	(Isikcırnağı)	Şizokarp	Genellikle birkaç milimetre uzunluğunda öbrek şeklinde veya oval Tohum yüzeyi pürüzsüzdür ve sert bir dış kabukla kaplıdır.
132	Hemerocallis fulva (L.) L.	**Liliaceae**	(Turuncu güngüzeli)	Kapsül meyve	Küçük boyutlarda ve siyah veya koyu kahverengi renkte olabilir. Tohumlar, içinde embriyo ve endosperm bulunan bir tohum kabuğu ile kaplıdır.
133	Hibiscus mutabilis	**Malvaceae**	(Yol hatmisi)	Kapsül meyve	Tohumlar çok sayıda, böbrek şeklinde veya neredeyse küremsi, pürüzsüz, tüysüz veya tüylü.
134	Hibiscus trionum L.	**Malvaceae**	(Kerkede)	Kapsül meyve	2-2,5 mm, böbrek şeklinde, seyrek tüylü.
135	Hydrangea macrophylla (Thunb.) Ser.	**Hydrangeaceae**	(Ortanca)	Kapsül meyve	Yaklaşık 0.5-1 mm uzunluğundadır. Genelde yuvarlak veya yuvarlağa yakın bir şekli vardır. Tohumun iç kısmında embriyo bulunur.
136	Impatiens glandulifera Royle	**Balsaminaceae**	(Kına çiçeği)	Kapsül meyve	2 ila 3 cm (3⁄4 ila 1) büyüklüğünde tohum kabukları oluşturur 1⁄4 inç) uzunluğunda ve 8 mm genişliğinde (1⁄4 inç), rahatsız edildiğinde patlayan, tohumları 7 metreye kadar saçar
137	Ipomoea coccinea L	**Convolvulaceae**	(Kırmızı sabah sefası)	Kapsül meyve	Tohumlar 3,2-3,6 mm uzunluğunda, yüzeyi

					yoğun tüylü ve çok küçük, kıvırcık tüylere sahiptir.
138	Ipomoea purpurea (L.) Roth.	**Convolvulaceae**	(Kahkaha çiçeği)	Kapsül meyve	Tohumlar siyah veya saman renginde, oval-trigonlu, tüysüz veya hilum seyrek tüylü.
139	Ipomoea stolonifera	**Convolvulaceae**	(Yalıotu)	Kapsül meyve	Tohumlar açık kahverengi. Tohumlar kısa tüylü veya kenarları boyunca daha uzun tüylüdür.
140	Ipomoea triloba L.	**Convolvulaceae**	(Pembe çiçekli akşam sefası)	Kapsül meyve	Tohumlar genellikle kapsül başına 4 adet, yarı küremsi, 2,5-3,2 mm uzunluğunda, koyu kahverengi
141	Iris albicans Lange	**Iridaceae**	(Ak süsen)	Kapsül meyve	4-6 mm uzunluğunda yuvarlak veya hafif oval şekildedir. Tohum zarının yüzeyi sert ve koruyucudur.Tohumun iç kısmında embriyo bulunur.
142	Jacaranda mimosifolia D.Don	**Bignoniaceae**	(Jakaranda)	Kapsül meyve	Tohumlar membranöz bir kanatla çevrelenmiştir. Tohumlar ortalama 1 cm uzunluğunda
143	Juncus tenuis Willd.	**Juncaceae**	(Tel sazak)	Kapsül meyve	Tohumlar elipsoid, sivri uçlu, sıklıkla kavisli, 0,4-0,6 x 0,2-0,3 mm, pürüzsüz ilâ hafif buruşuk çoğunlukla kuyruksuz veya kısa kuyrukludur.
144	Juniperus chinensis L.	**Cupressaceae**	(Çin ardıcı)	Kozalak (üzümsü)	Tohumlar oval, küt, omurgalı, enine kesitte üçgen şeklinde, kahverengi renktedir
145	Kyllinga brevifolia Rottb. [**syn.** Cyperus brevifolius (Rottb.) Haussk.]	**Cyperaceae**	(Kilinotu)	Aken meyve	Genellikle 2-3 mm uzunluğunda ve 1-1.5 mm genişliğindedir. Yüzeyi genellikle pürüzsüzdür.
146	Lagenaria siceraria (Mol.) Standl.	**Cucurbitaceae**	(Uzun kabak)	Pepo	Orta büyüklüktedir ve genellikle 1-2 cm uzunluğunda ve 0.5-1 cm genişliğindedir.

147	Lagerstroemia indica L.	**Lythraceae**	(Oya ağacı)	Kapsül meyve	Küçük boyutludur ve genellikle hafif kahverengi veya siyah renktedir. Tohumların yüzeyi pürüzsüz veya hafif kırışık olabilir. Tohumlar, içinde embriyo ve endosperm bulunan bir tohum kabuğu ile kaplıdır.
148	Lavandula angustifolia Miller	**Lamiaceae**	(Lavanta)	Şizokarp	2-3 mm pürüzlü kabartmalı. Tohumun iç kısmında embriyo bulunur.
149	Lens culinaris Medik. *	**Fabaceae**	Mercimek)	Bakla (legümen) meyve	Çapları genellikle 3-9 mm arasında yüzeyi genellikle pürüzsüz ve serttir.
150	Lepidium virginicum L.	**Brassicaceae**	(El tere)	Silikula	Hafifçe sıkıştırılmış veya düzleştirilmiş, oval-oval, distalde dar kanatlı, yaklaşık 1,5-2 x 0,8 mm çapında, pürüzsüz, ince ağsı, ıslandığında güzelce zamksı, kotiledonlar nadiren yerleşik.
151	Linum usitatissimum L.	**Linaceae**	(Keten)	Kapsül meyve	Tohum oval, merceksi, 4-6 mm uzunluğunda, pürüzsüz, parlak yüzeyli, kahverengi ila altın rengindedir.
152	Liquidambar styraciflua L.	**Altingiaceae**	(Amerikan sığla ağacı)	Kapsül meyve	Tohumlar küçüktür. Her tohumun yaklaşık 0.5 cm uzunluğunda bir kanadı bulunur,
153	Lonicera japonica Thunb.	**Caprifoliaceae**	(Japon hanımeli)	Üzümsü (Berry) meyve	Genellikle 3-4 mm uzunluğunda ve 1-2 mm genişliğinde Tohumlar oval veya hafifçe yassıdır. Tohum yüzeyi genellikle pürüzsüz ve parlak bir görünüm
154	Ludwigia peploides (Kunth) P.H. Raven	**Onagraceae**	(Göl toynakotu)	Kapsül meyve	Tohumlar her lokülde tek sıralı, ayrı ayrı endokarp tarafından çevrelenmiş, tohum ve endokarp birlikte 1 mm, funikulusun karşısındaki uçta kısa kesik

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

155	Luffa cylindrica (L.) M.J.Roemer	**Cucurbitaceae**	(Lif kabağı)	Pepo	Küçükten orta büyüklüğe kadar değişir, genellikle 1-1.5 cm uzunluğunda ve 0.5-1 cm genişliğindedir, yassı ve ovaldir. Tohum yüzeyi genellikle pürüzsüzdür, ancak bazı çeşitlerde hafif tırtıklı olabilir
156	Lunaria annua L. subsp. annua	**Brassicaceae**	(Dolunay otu)	Silikula	5-8 mm çapında, tekdüze kanatlı (kanat yaklaşık 1 mm genişliğinde).
157	Machilus thunbergii Siebold & Zucc.	**Lauraceae**	(Japon defne ağacı)	Çekirdekli Sulu meyve (Drupa)	Tohumun dokusu genellikle sert ve sağlamdır 5-8 mm
158	Magnolia grandiflora L.	**Magnoliaceae**	(Büyük çiçekli Manolya)	Folikül meyve	Tohumlar sert çekirdekli meyveye benzer, yumuşak, etli bir dış tohum kabuğu ve iç kısmı taşlıdır.
159	Malvastrum coromandelianum L.	**Malvaceae**	(Yalancı ebegümeci)	Kapsül meyve	Tohumlar 1,3-2 mm, siyahımsı-kahverengi, orta kısımda kırmızımsı-siyah, yüzeyi pürüzsüz böbrek şeklinde
160	Matricaria matricarioides (Less.) Porter ex Britton	**Asteraceae**	(Kelkız çiçeği)	Aken meyve	0.5-1 mm silindirik veya hafifçe dörtgenimsi yüzeyi genellikle düz veya hafif pürüzlü Akenlerin dış kısmı sert bir kılıfla kaplıdır
161	Melaleuca citrina (Curtis) Dum. Cours. [**syn.** Callistemon citrinus (Curtis) Skeels]	**Myrtaceae**	(Şişe çalısı)	Kapsül meyve	Tohumlar oldukça küçüktür ve her bir kapsülde çok sayıda tohum bulunur. Genellikle kahverengi veya siyah renktedir.
162	Melia azedarach L.	**Meliaceae**	(Tesbih ağacı)	Kapsül meyve	Tohumu etlidir ve 7,6 mm uzunluk x 3,2 mm genişliktedir, ancak bazı çeşitlerde 3,5 mm uzunluk x 1,6 mm genişlik kadar küçük olabilir
163	Mesembryanthemum crystallinum L.	**Aizoaceae***	(Buz çiçeği)	Kapsül meyve	Pürüzlü ve küçük yumrulu.
164	Mirabilis jalapa L.	**Nyctaginaceae**	(Akşamsefası)	Kapsül meyve	Genellikle 3-5 mm çapında olup küçük ve yuvarlaktır. Tohum yüzeyi kabarcıklı

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

					olabilir. Tohumları genellikle tek bir embriyo içerir ve endospermi bulunmayabilir veya çok az olabilir.
165	Musa acuminata Colla *	**Musaceae**	(Muz)	Partenokarp meyve	Tohumlar yabani bitkilerde çok sayıdadır kahverengi, basık, 5-6 mm çapında, düzensiz açılı.
166	Najas chinensis N.Z.Wang [**syn.** Najas orientalis Triest & Uotila]	**Najadaceae**	(Superisi)	Aken meyve	Her bir meyve içerisinde tek bir tohum bulunur. Tohumlar sert bir dış kabuk ile korunur. Oldukça küçüktür.
167	Najas graminea Delile	**Najadaceae**	(İnce superisi)	Aken meyve	Her bir meyve içerisinde tek bir tohum bulunur. Tohumlar sert bir dış kabuk ile korunur. Oldukça küçüktür.
168	Narcissus papyraceus Ker-Gawler *	**Liliaceae**	(Mısırgülü)	Kapsül meyve	Meyve, yuvarlak ve şişmiş, sert bir kaplamayla, bazen bağlı bir elaiozomla birlikte çok sayıda küremsi tohum içerir. Testa siyahtır ve perikarp kurudur.
169	Ocimum basilicum L.	**Lamiaceae**	(Fesleğen)	Şizokarp (tek tek nus) meyve	Genellikle 1-2 mm uzunluğunda yuvarlak veya hafif eliptik şekildedir. Tohumun iç kısmında embriyo bulunur.
170	Oenothera biennis L.	**Onagraceae**	(Ezan çiçeği)	Kapsül meyve	1,1–2 mm tohum kısa, yuvarlak veya silindirik çıkıntılarla (papilla) kaplıdır
171	Oenothera glazioviana M.Micheli	**Onagraceae**	(Güneş damlası)	Kapsül meyve	1,3–2 mm tohumun üzerinde çukurlar veya çöküntüler var
172	Oenothera parodiana Munz	**Onagraceae**	(Güneş damlası)	Kapsül meyve	1,5 mm uzunluğa kadar tohumlar, elipsoid.
173	Opuntia ficus-indica (L.) Miller	**Cactaceae**	(Dikenli incir)	Üzümsü (Berry) meyve	Küçük ve serttir, genellikle 3-5 mm çapında yuvarlak veya hafif oval Tohum yüzeyi sert ve pürüzsüzdür

174	Opuntia macrorhiza Engelm.	**Cactaceae**	(Düz dikenli armut)	Üzümsü (Berry) meyve	Dış hatları yuvarlak, 3,9–4,8 mm,1,7 mm kalınlığında, kemikli, krem rengi-ten rengi, çevreleyen kuşak, hilus hariç tohumun etrafında tekdüze, yaklaşık olarak çıkıntılı. 0,5 mm.
175	Oxalis articulata Savigny	**Oxalidaceae**	(Ekşi pembe yonca çiçeği)	Kapsül meyve	Tohumlar açık kahverengimsi, oval veya elipsoid, her iki uçta sivri, 1-1,25 mm uzunluğunda, zig-zag şeklinde 8-9-nervürlü, 4-8 derin çukurlu enine çizgili.
176	Oxalis corniculata L.	**Oxalidaceae**	(Ekşi yonca)	Kapsül meyve	Kapsülün her bölmesinde 5-14 tohum bulunur. Tohumlar kahverengi ila kahverengimsi kırmızı ve oval-dikdörtgen şeklindedir (yumurta şekli ile uzun arasının ortasında).
177	Oxalis pes-caprae L.	**Oxalidaceae**	(Güzel ekşi tırfıl)	Kapsül meyve	Tohum: düz, genellikle çıkıntılı; yarı saydam.
178	Parkinsonia aculeata L.	**Fabaceae**	(Sülün ağacı)	Bakla (legümen) meyve	Tohum 10 mm uzunluğunda ve 4 mm genişliğinde dikdörtgendir.
179	Parthenocissus quinquefolia (L.) Planch.	**Vitaceae**	(Amerikan sarmaşığı)	Üzümsü (Berry) meyve	5-8 mm ohumların dış yüzeyi genellikle pürüzlü Tohumun dış katmanı sert ve sağlamdır.
180	Passiflora caerulea L.	**Passifloraceae**	(Çarkıfelek)	Üzümsü (Berry) meyve	Tohumlar çok sayıda, obkordat, yaklaşık. 5 mm
181	Paulownia fortunei (Seem.) Hemsl.	**Paulowniaceae**	(Beyaz çiçekli Pavlonya)	Kapsül meyve	Tohumlar kanat dâhil 6-10 mm.
182	Perilla frutescens (L.) Britton	**Lamiaceae**	(Biftek otu)	Şizokarp (tek tek nus) meyve	Tohumları yumuşak veya sert olabilir; beyaz, gri, kahverengi ve koyu kahverengi renkte ve küresel şekilli olabilir.
183	Petroselinum crispum (Mill.) Nyman & A.W.Hill	**Apiaceae**	(Maydanoz)	Şizokarp meyve	Maydanoz tohumları armut biçimli, kahverengi renkli, merikarplar 2,5-3 × 0,5 mm, olgunlaştığında hafif kavislidir.

184	Phacelia tanacetifolia Benth.	**Hydrophyllaceae***	(Arıballığı)	Kapsül meyve	Genellikle 2-3 mm uzunluğunda olabilir. Tohumların yüzeyi pürüzsüzdür, bazı tohumlarda hafif çizgiler olabilir. Tohumun iç kısmında embriyo bulunur.
185	Phaseolus coccineus L. *	**Fabaceae**	(Bombay fasülyesi)	Bakla (legümen) meyve	Oval veya böbrek şekillidir. Renk ve desenler yüzeyde belirgin şekilde görülür. Yüzeyi genellikle pürüzsüzdür.
186	Phaseolus vulgaris L.*	**Fabaceae**	(Fasülye)	Bakla (legümen) meyve	Oval veya böbrek şekillidir. Renk ve desenler yüzeyde belirgin şekilde görülür. Yüzeyi genellikle pürüzsüzdür.
187	Philadelphus coronarius L.	**Hydrangeaceae**	(Filbahri)	Kapsül meyve	Kuyruklu, 3 mm genellikle 1-2 mm uzunluğunda Tohumların yüzeyi pürüzsüz ve parlaktır. Tohumlar, sert bir dış zar (testa) ile kaplıdır. Tohumun iç kısmında embriyo bulunur.Embriyonun etrafında endosperm dokusu bulunur
188	Phoenix dactylifera L.	**Palmae**	(Arabistan hurması)	Çekirdekli Sulu meyve (Drupa)	Yaklaşık 2-3 cm uzunluğunda, 1 cm genişliğindedir. Tohumun dış yüzeyi sert ve pürüzlüdür. Tohumun içinde büyük bir embriyo bulunur
189	Phoenix roebelenii O'Brien	**Palmae**	(Cüce hurma)	Çekirdekli Sulu meyve (Drupa)	Küçük, silindirik veya oval şekildedir. Boyutları genellikle 1-2 cm uzunluğunda ve 0.5 cm genişliğindedir. Tohumun dış yüzeyi serttir ve biraz pürüzlü olabilir.
190	Phyla nodiflora (L.) Greene	**Verbenaceae**	(Su çileği)	Şizokarp	Küçük ve ovaldir. Eğri veya kavisli olma eğiliminde 1-2 mm çapında

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

191	Picea glauca (Moench) Voss	**Pinaceae**	(Ak ladin)	Kozalak (odunsu)	Tohumlar siyah, 2–3 mm uzunlukta, 5–8 mm uzunluğundaki tohum kanadı soluk kahverengidir.
192	Pinus pinaster Aiton	**Pinaceae**	(Sahil çamı)	Kozalak (odunsu)	Tohumlar 8–10 mm (5⁄16 – 3⁄8 inç) uzunluğunda, 20–25 mm (13⁄16–1 inç) kanatlıdır
193	Pinus ponderosa Douglas ex C.Lawson	**Pinaceae**	(Batı sarıçamı)	Kozalak (odunsu)	Tohumlar kahverengi veya sarı-kahverengi, genellikle daha koyu benekli, elipsoid-obovoid, 3-9 mm; kanat 1,5-2,5 cm
194	Pinus radiata D Don	**Pinaceae**	(Monteri çamı)	Kozalak (odunsu)	Tohumlar basık-elips, 6 mm, koyu kahverengi; kanatlar 20–30 mm dir.
195	Platycladus orientalis (L.) Franco	**Cupressaceae**	(Doğu mazısı)	Kozalak (derimsi)	Tohumlar 5-7 × 3–4 mm, kanatsız bazen dar kanatlı gri-kahverengi veya mor-kahverengi yumurtamsı veya eliptik hafif çıkıntılıdır
196	Polianthes tuberosa L.	**Agavaceae***	(Sümbülteber)	Kapsül meyve	Tohumları küçük ve genellikle oval veya eliptik şeklindedir. Her kapsülde birçok küçük tohum bulunur. Ortalama olarak 2-3 mm uzunluğunda olabilirler. Tohumların yüzeyi pürüzlü ve serttir.
197	Proboscidea louisianica (Miller) Thell.	**Martyniaceae**	(Şeytan pençesi)	Kapsül meyve	Siyah veya beyaz tohumlar düzgün bir yüzeye sahip olabilir veya hafif kırışık olabilir. Tohumlar, içinde embriyo ve endosperm bulunan bir tohum kabuğu ile kaplıdır.
198	Pseudotsuga menziesii (Mirb.) Franco var. menziesii	**Pinaceae**	(Yeşil duglas / Duglas göknarı)	Kozalak (odunsu)	Tohumların (3⁄16–1⁄4 inç) uzunluğunda ve 3–4 mm (1⁄8–3⁄16 inç) genişliğinde, 12–15 mm (1⁄2–9⁄16 inç) uzunluğundadır ve kanatlı.

199	Pueraria montana (Lour.) Merr.	**Fabaceae**	(Kudzu)	Kapsül meyve	Tohum uzunluğu: 3,1–5,0 mm; genişlik: 2,5–3,3 mm oval, D şeklinde veya böbrek şeklinde tohum, kenardan sıkıştırılmış. Yüzey dokusu pürüzsüz. Hilus tohumun uzun kenarının ortasında yer alır. Embriyo tohumu doldurur
200	Quercus rubra L.	**Fagaceae**	(Kırmızı Amerikan meşesi)	Nus meyve	Palamutlar tek bir tohum içerir. Bu tohumlar oval ve düzgün bir yapıya sahiptir. Tohumların sert ve dayanıklı bir kabuğu vardır.
201	Ribes aureum Pursh	**Grossulariaceae**	(Beyaz Frenk üzümü / Sarı çiçekli Bektaşi üzümü)	Üzümsü (Berry) meyve	Küçük, oval ve düz bir yapıya sahiptir. Her bir tohum yaklaşık 1-2 mm uzunluğundadır. Tohumların yüzeyi genellikle düzgündür ve parlak bir dokuyla kaplıdır. Tohumlar ince bir zar (endosperm) ile kaplıdır.
202	Ribes rubrum L.	**Grossulariaceae**	(Frenk üzümü)	Üzümsü (Berry) meyve	Küçük, oval ve düz bir yapıya sahiptir. Her bir tohum yaklaşık 1-2 mm uzunluğundadır.
203	Robinia hispida L.	**Fabaceae**	(Tüylü yalancı akasya)	Bakla (legume) meyve	Tohumlar genellikle küçük, oval ve düz bir yapıya sahiptir. Her bir tohum yaklaşık 2-3 mm uzunluğundadır. Tohumların sert bir kabuğu var
204	Robinia pseudoacacia L.	**Fabaceae**	(Beyaz çiçekli yalancı akasya)	Bakla (legume) meyve	Tohumlar düzensiz işaretlere sahip koyu turuncu kahverengidir. Sonbaharın sonlarında olgunlaşırlar ve ilkbaharın başlarına kadar dallarda asılı kalırlar.
205	Ruscus hypophyllum L.	**Asparagaceae**	(Atdili)	Çekirdekli Sulu meyve (Drupa)	2 tohumlu

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

206	Santolina chamaecyparissus L.	**Asteraceae**	(Pamuk lvantası / Lavantin)	Aken meyve	1-2 mm oval veya elipsoidal yüzeyi genellikle pürüzsüzdür, ancak bazı tohumlar hafif çizgili olabilir. Genellikle kuru ve sert bir dış kabuğa sahip
207	Schinus molle L.	**Anacardiaceae**	(Yalancı karabiber)	Üzümsü (Berry) meyve	Tohumlar özellikle sert bir kaplamaya sahiptir
208	Schinus terebinthifolius Raddi	**Anacardiaceae**	(Brezilya Biber Ağacı)	Üzümsü (Berry) meyve	5 mm çapında, çok sayıda, tek tohum içeren meyvelerdir.
209	Sequoia sempervirens (D.Don) Endl.	**Cupressaceae**	(Sahil sekoyası)	Kozalak (odunsu)	Her tohum 3–4 mm (1⁄8–3⁄16 inç) uzunluğunda ve 0,5 mm (1⁄32 inç) genişliğinde, iki kanadı 1 mm (1⁄16 inç) genişliğindedir. Tohumlar, koni pulları kuruduğunda ve olgunlaştığında açıldığında serbest bırakılır.
210	Sequoiadendron giganteum (Lindl.) J.Buchholz	**Cupressaceae**	(Mamut Ağacı)	Kozalak (odunsu)	Tohumlar koyu kahverengidir, 4–5 mm (0,16–0,20 inç) uzunluğunda ve 1 mm (0,04 inç) genişliğindedir ve her iki tarafında 1 milimetre (0,04 inç) genişliğinde, sarı-kahverengi kanat vardır.
211	Sicyos angulatus L.	**Cucurbitaceae**	İt dolanbacı)	Kapsül meyve	Tohumlar büyüktür (15 mm x 10 mm), koyu kahverengiden siyaha kadar, sıkıştırılmış, pürüzsüz ve kabuklu bir perikarpla kaplıdır
212	Sigesbeckia orientalis L.	**Asteraceae**	(Sarıteçan)	Aken (cypsela) meyve	1-2 mm oval veya elipsoidal genellikle pürüzsüz bazıları hafif çizgili veya tırtıklı olabilir. Tohumların dış kabuğu sert ve kuru.
213	Sigesbeckia pubescens (Makino) Makino	**Asteraceae**	(Sarıteçan)	Aken meyve	2-3 mm, tohumlar dikdörtgen veya hafifçe eliptik Tohum yüzeyi pürüzsüz veya hafifçe tüylü İyi gelişmiş bir embriyo bulunur. Sert ve

					koruyucu bir dış kaplamaya sahiptir.
214	Sisyrinchium angustifolium Mill.	**Iridaceae**	(Dar yapraklı mavi gözlü çimen)	Kapsül meyve	Genellikle 1-2 mm uzunluğunda dış zar, sert ve koruyucudur. Tohumun iç kısmında embriyo bulunur.
215	Solanum americanum Mill.	**Solanaceae**	(İt üzümü)	Üzümsü (Berry) meyve	1-2 mm çapında tohumlar düz veya hafifçe böbrek şeklinde, sert ve koruyucu bir dış kaplamaya sahip. Tohumun içinde iyi gelişmiş bir embriyo bulunur
216	Solanum villosum Mill.	**Solanaceae**	(Damat sirkeni)	Üzümsü (Berry) meyve	2-3 mm çapında pürüzsüz ve parlak tohumlar düz veya hafifçe böbrek şeklinde olabilir. Tohumun içinde iyi gelişmiş bir embriyo bulunur.
217	Solanum pseudo-capsicum L. *	**Solanaceae**	(Yalancı süs biberi, Yalancı kırmızı biber, Kudüs kirazı	Üzümsü (Berry) meyve	2-3 mm çapında pürüzsüz ve parlak tohumlar düz veya hafifçe böbrek şeklinde olabilir. Tohumun içinde iyi gelişmiş bir embriyo bulunur.
218	Soleirolia soleirolii (Req.) Dandy	**Urticaceae**	(Arapsaçı)	Aken meyve	Aken c. 1 mm uzunluğunda, pürüzsüz.
219	Solidago canadensis L.	**Asteraceae**	(Arsız altınbaşak)	Aken (cypsela) meyve	1 ila 1,5 mm 1,8 ila 2,2 mm uzunluğunda bir tutam beyazımsı tüy vardır.
220	Syagrus romanzoffiana (Cham.) Glassman	**Palmae**	(Kraliçe Palmiyesi)	Nus meyve	Oval veya yuvarlak şekildedir ve yaklaşık 2-3 cm çapındadır. Dış yüzeyi serttir ve pürüzsüzdür.
221	Symphyotrichum laeve (L.) Á.Löve & D.Löve [**syn.** Aster laevis L.]	**Asteraceae**	(Simpatı)	Aken meyve	2 ila 3,5 mm uzunluğunda kuru, 4 ila 5 damarlı bir cypsela
222	Symphyotrichum pilosum var. pilosum (Willd.) G.L. Nesom	**Asteraceae**	(Donukpatı)	Aken (cypsela) meyve	2-3 mm tohumlar dikdörtgen veya hafifçe eliptik Tohum yüzeyi pürüzsüz veya hafifçe tüylü İyi gelişmiş bir embriyo bulunur. Sert ve

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

					koruyucu bir dış kaplamaya sahiptir.
223	Symphyotrichum squamatum (Spreng.) G.L. Nesom [**syn.** Aster squamatus (Sprengel) Hieron]	**Asteraceae**	(Arsız simpatı)	Aken meyve	2-4 mm çapında
224	Syringa vulgaris L.	**Oleaceae**	(Leylak)	Kapsül meyve	Tohumlar 2 (her hücrede 1 adet), 12 mm uzunluğunda ve 5 mm genişliğinde, sıkıştırılmış, kanatlı.
225	Tagetes minuta L.	**Asteraceae**	(Kokarot)	Aken meyve	2-3 mm çapında ve oval veya silindirik kabuları sert. Her tohum, tek bir embriyo içerir ve ince bir zarla kaplıdır.
226	Tagetes patula L.	**Asteraceae**	(Kadife çiçeği)	Aken meyve	1-2 cm uzunluğunda tohum yüzeyi pürüzsüz ve parlaktır. Ayrıca tohumun üst kısmında ince, beyaz tüy benzeri yapılar bulunabilir.
227	Thuja plicata Donn ex D.Don	**Cupressaceae**	(Boylu Mazı)	Kozalak (derimsi)	Tohumlar 4 ila 5 mm (5⁄32 ila 3⁄16 inç) uzunluğunda ve 1 mm (1⁄32 inç) genişliğindedir ve her iki tarafta dar kâğıtsı kanatlar bulunur
228	Trachycarpus fortunei (Hooker) H. Wendl.	**Palmae**	(Yelpaze palmiyesi)	Çekirdekli Sulu meyve (Drupa)	Tohumlar oval şekildedir ve yaklaşık 0.5-1 cm uzunluğundadır. Tohumun dış yüzeyi sert ve pürüzlüdür. Tohum, büyük bir embriyo ve besin depolayan endosperm içerir.
229	Trachyspermum ammi (L.) Sprague ex Turril	**Apiaceae**	(Nanahan)	Şizokarp meyve	Oval 2 mm uzunluğunda 1 mm genişliğinde.
230	Trigonella corniculata L.	**Fabaceae**	(Gazal çemenotu)	Bakla (legume) meyve	1–1,5 mm tohum genişliğinden daha uzundur
231	Ulex europaeus L.	**Fabaceae**	(Dikenli katırtırnağı)	Bakla (legume) meyve	Siyahımsı, parlak, sert 2–8 tohumlu, tüylü. Tohumlar 2,3–2,8 × 2–2,4 mm heksaploid

232	Viburnum rhytidophyllum Hemsl.	**Caprifoliaceae**	(Buruşuk yapraklı kartopu)	Kapsül meyve	Küçük, yaklaşık 4-6 mm uzunluğunda ve 3-4 mm genişliğinde ohum yüzeyi genellikle pürüzlü ve kabuklu bir yapıya sahip
233	Vigna unguiculata (L.) Walp. subsp. sesquipedalis (L.) Verdcourt	**Fabaceae**	(Börülce)	Bakla (legume) meyve	8-12 mm
234	Vinca minor L.	**Apocynaceae**	(Yabani menekşe)	Folikül meyve	Pürüzlü bir yüzeye sahiptir ve 0,7-1 cm uzunluğunda ve yaklaşık 0,2 cm genişliğindedir
235	Vitis labrusca L.	**Vitaceae**	(Tilki üzümü)	Üzümsü (Berry) meyve	6-8 mm, tohumun dış kabuğu sert ve dayanıklı
236	Vitis riparia Michx s.l.	**Vitaceae**	(Nehir üzümü)	Üzümsü (Berry) meyve	3-6 mm, tohumun dokusu genellikle sert ve sağlamdır embriyo, endosperm ve dış kabuk olmak üzere üç ana bölümden oluşur
237	Washingtonia filifera (J. Linden ex. Andre) H. Wendl.	**Palmae**	(Kalın vaşingtonya)	Çekirdekli sulu meyve (Drupa)	Tohumlar genellikle 0.5-1 cm uzunluğunda ve oval şekildedir. Tohumun dış yüzeyi sert ve pürüzsüzdür. Tohum, besin depolayan endosperm ve büyük bir embriyo içerir.
238	Yucca filamentosa L. *	**Liliaceae**	(Avize çiçeği)	Kapsül meyve	Yaklaşık 2,5 cm uzunluğundadırlar ve sert, kuru bir kabuğa sahiptirler
239	Zantedeschia aethiopica (L.) Spreng	**Araceae**	(Gelin çiçeği)	Üzümsü (Berry) meyve	Tohumların boyutları 1-2 mm çapındadır. Tohumlar, sert bir tohum kabuğu ile kaplıdır. İçeride, embriyo ve besin dokuları (endosperm) bulunur.

7. SONUÇ

Toplamda 72 adet familya bulunmaktadır. En zengin ilk üç familya; Asteraceae, Fabaceae ve Amaranthaceae'dir. En çok türü olan ilk üç cins; Amaranthus, Solonum, Narcisus'tur. Bu çalışma henüz devam etmektedir, ancak yine de çalışılan türlerin en fazla Kapsül meyve (83 takson), Aken meyve (46 takson), ve Üzümsü meyve tipine (23 takson)

sahip oldukları belirlendiğinden bu sıralamanın neredeyse değişmeyeceği kanaati mevcuttur.

Bu çalışmanın bir sonraki aşamasında bu meyve ve tohum türlerinin dağılma mekanizmaları ve tüketicisi olan canlı türleri belirlenecektir. Bu sayede bu tohumların nasıl bir bölgeden diğer bölgelere yayılabildiği konusunda çıkarımlar yapılmaya çalışılacaktır. Ayrıca bu türlerin orman ekosistemlerine olan etkileri, hangi habitatlarda bulundukları ve tehditleri araştırılacaktır.

KAYNAKLAR

1. Bojnanský, V., & Fargašová, A. *Taxonomy and Morphology of Seeds*. –In Atlas of seeds and fruits of Central and East-European flora Springer Netherlands. pp. 1-954, 2007.
2. Boissier E. Flora Orientalis, sive enumeratio plantarum in Oriente a Graecie et Aegypto ad Indiae fines hucusque observaturum. Supplementum (Ed. R. Buser). H. Georg, Bibliopolam, Genevae et Basileae, 1888.
3. Coşkunçelebi, K., Terzioğlu, S., Vladimirov, V. A new alien species for the flora of Turkey: Bidens frondosa L. (Asteraceae). Turkish Journal of Botany, 31(5), 477-479, 2007.
4. Davis, P.H. Flora of Turkey and the East Aegean Islands, Vol I-IX., University Press, Edinburgh, 1965-85.
5. Davis PH, Mill RR, Tan K (Eds). *Flora of Turkey and the East Aegean Islands*, Vol. 10. Edinburgh University Press, Edinburgh, 1988.
6. Güner A, Özhatay N, Ekim T, Başer KHC (Eds). *Flora of Turkey and the East Aegean Islands*, Vol. 11, Suppl. 2. Edinburgh University Press, Edinburgh, 2000.
7. Güner A, Aslan S, Ekim T, Vural M, Babaç MT (Eds). Türkiye Bitkileri Listesi (Damarlı Bitkiler) [List of Turkey Plants]. Nezahat Gökyiğit Botanic Garden and Flora Research Society Publishing, Istanbul, 2012.
8. İnceer, H., Bal, M., Ceter, T., Pinar, N.M. Fruit structure of 12 Turkish endemic Tripleurospermum Sch. Bip. (Asteraceae) taxa and its taxonomic implications. Plant systematics and evolution, 298, 845-855, 2012.
9. Komarov VL. *Flora of the U.S.S.R.*, Vol. 1-30, Israel Program for Scientific Translations, Jerusalem, 1934-1978.
10. Palabaş Uzun, S., Uzun, A., Alıcı, E. Seed morphology of some selected species of Fabaceae, Polygonaceae, Primulaceae, Violaceae, Rosaceae and Phyllanthaceae. Journal of the Institute of Science and Technology, 10(3), 2028-2036, 2020.
11. Rechinger, K.H. Flora Iranica. Akadedemische Druck- u Verlagsanstalt, 1965-1977.
12. Sánchez, S.O. *La fl ora del valle de México*. Editorial Herrero. México, DF, 1980.

13. Sevgi, E., Hançer, Ç. K., Yılmaz, H., Akkaya, M. A new alien species record for the flora of Turkey: Proboscidea louisianica (Miller) Thell. Eurasian Journal of Forest Science, 5(2), 19-25, 2017.
14. Spjut. R.W. *A Systematic Treatment of Fruit Types.* Memoirs of the New York Botanical Garden, Bronx, NY 10458. 182 pp. ISBN 0-89327-383-X., 1994.
15. Garden, Bronx, NY 10458. 182 pp. ISBN 0-89327-383-X., 1994.Terzioğlu, S. Arrhenatherum elatius subsp. bulbosum (Poaceae): A new alien record for the flora of Turkey. Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Tarım ve Doğa Dergisi, 23(4), 924-927, 2020.
16. Tunckol, B., Yasayacak, H., Majure, L. C. Opuntia macrorhiza Engelm.: a new record of an invasive alien species in the flora of Turkey. 2022.
17. Tutin, T.G., Heywood, V.H., Burges, N.A., Moore, D.M.,Valentine D.H., Walters, S.M. Webb, D.A. (eds.). *Flora Europaea*, Vols. 1-5, Cambridge UniversityPress, Cambridge, 1964-1980.
18. Uludağ, A., Aksoy, N., Yazlik, A., Arslan, Z., Yazmiş, E., Üremiş, İ., ... Brundu, G. Alien flora of Turkey: checklist, taxonomic composition and ecological attributes. NeoBiota, 35, 2017.
19. Uzun, A., Verloove, F. Oenothera jamesii (Onagraceae), a neglected alien plant species in Turkey. BioInvasions Records, 12(1), 50-62, 2023.
20. Uzun, A., Palabaş Uzun, S. Micromorphological Studıes (Achene/Cypsela) on Selected Asteraceae Taxa Native To Türkiye. Turkish Journal of Forest Science, 8(2), 218-229, 2024.
21. Vural C, Ekici M, Akan H, Aytaç Z, Seed morphology and its systematic implications for genus Astragalus L. sections Onobrychoidei DC., Uliginosi Gray and Ornithopodium Bunge (Fabaceae). Plant Systematics and Evolution, 274: 255-263, 2008.
22. Weber, E. F. The alien flora of Europe: a taxonomic and biogeographic review. Journal of Vegetation Science, 8(4), 565-572, 1997.
23. Wu Z-Y, Raven PH, Hong D-Y. 1994–2006. *Flora of China*. St.Louis: Missouri Botanical Garden Press
24. Yazlik, A., Uremis, I., Uludag, A., Uzun, K., Senol, S. G., Keskin, İ. A New Alien Plant Species in Turkey: Ipomoea triloba L. In NEOBIOTA 2014, Biological Invasions: From understanding to action, 8th International Conference on Biological Invasions pp. 03-08. November, 2014.
25. Yıldırım, H., Özdöl, T., Yaşayacak, H. An alien species of Bidens (Asteraceae): Bidens pilosa L., new to the Turkish flora. Acta Biologica Turcica, 32(1), 61-64, 2019.
26. Yılmaz, H. Gamochaeta coarctata: A new allien species for Turkey. Turkish Journal of Biodiversity, 4(2), 77-81, 2021.
27. https://powo.science.kew.org/ (Erişim tarihi: 30.12.2024)
28. http://www.theplantlist.org/tpl1.1/search (Erişim tarihi: 30.12.2024)
29. https://www.emplantbase.org/home.html (Erişim tarihi: 30.12.2024)
30. https://www.alienplants.gr/Alien Plants (Erişim tarihi: 29.12.2024).
31. https://ucjeps.berkeley.edu/ (Erişim tarihi: 29.12.2024).
32. https://en.wikipedia.org/wiki/Main_Page Erişim tarihi: 30.12.2024).

33. https://www.worldfloraonline.org/ Erişim tarihi: 30.12.2024).
34. https://idtools.org/identify.cfm?sort=dateDesc (Erişim tarihi: 30.12.2024).
35. https://www.plantfileonline.net/ (Erişim tarihi: 30.12.2024).
36. http://www.bizimbitkiler.org.tr (Erişim tarihi: 30.12.2024).
37. https://plantnet.rbgsyd.nsw.gov.au/ (Erişim tarihi: 30.12.2024)
38. https://vicflora.rbg.vic.gov.au/ (Erişim tarihi: 30.12.2024).
39. https://www.missouribotanicalgarden.org/ (Erişim tarihi: 30.12.2024).
40. https://www.nzpcn.org.nz/ (Erişim tarihi: 30.12.2024).
41. https://linnet.geog.ubc.ca/biodiversity/eflora/ (Erişim tarihi: 30.12.2024).
42. https://www.wildflower.org/ (Erişim tarihi: 30.12.2024).
43. https://plants.usda.gov/ (Erişim tarihi: 30.12.2024).
44. http://floraofalabama.org/ (Erişim tarihi: 30.12.2024).
45. https://efloraofindia.com/ (Erişim tarihi: 30.12.2024).
46. https://biodiversity.bt/ (rişim tarihi: 30.12.2024).
47. https://www.cabidigitallibrary.org/ (Erişim tarihi:30.12.2024).

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

TÜRKİYE'YE ENDEMİK CAMPANULA MACROSTYLA BOİSS. ET HELDR. TÜRÜNÜN KLOROPLAST GENOMUNUN YAPISAL KARAKTERİZASYONU

Aydın KOÇAK

Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyoloji Anabilimdalı

akocak.hu@gmail.com- 0009-0005-8535-1874

Doç. Dr. Kurtuluş ÖZGİŞİ

Eskisehir Osmangazi Universitesi, Fen Fakültesi, Eskişehir, Türkiye,

kurtulusozgisi@gmail.com - 0000-0002-7344-6666

ÖZET

Campanulaceae (Çan çiçeğigiller) familyası kapalı tohumlu bitkiler içerisinde sınıflandırılması en karmaşık olan familyalardan birisidir ve sahip olduğu 600'den fazla tür ile en büyük familyalar içerisinde değerlendirilmektedir. Kloroplastlar, yeşil bitkilerde ve alglerde bulunan, başta fotosentez olmak üzere bitkilerde birçok fonksiyonel işlevlerin sorumluluğunu üstlenen organellerdir. Kloroplast genomu bitkilerde birçok hayati önemi olan fonksiyonu gerçekleştirdiği için oldukça korunmuş bir yapıya sahiptir. Gerçekleştirilen bu çalışma ile Türkiye'ye endemik *Campanula macrostyla* türünün kloroplast genomu yapisal olarak karakterize edilmiştir. Gerçekleştirilen çalışmalar neticesinde toplam genom boyutunun 166.367 bp uzunluğunda olduğu tespit edilmiştir. Sırasıyla 101.320 bp ve 7547 bp uzunluğunda bir büyük tek kopya (LSC) ve bir küçük tek kopya (SSC) ile ayrılan 28.750 bp'lik bir çift ters çevrilmiş tekrar (IRs) bölgesi tespit edilmiş olup plastid genomunun genel GC içeriği %38,8'dir. 85 protein kodlayan gen, 34 tRNA geni ve 7 rRNA geni dahil olmak üzere 126 farklı gen tespit edilmiştir. Bu genler içinde yedi gen bir veya iki intron içermekdir.

Anahtar Kelimeler: Campanula, Campanulaceae, Kloroplast, Genom.

1. GİRİŞ VEYA BAŞLIK

Yeşil bitkiler (Viridiplantae), canlılar tarafından doğrudan veya dolaylı olarak kullanılan birçok yapısal bileşiği fotosentez yoluyla üreten önemli bir canlı grubudur. Yeşil bitkiler, bu bileşikleri fotosentez adı verilen ve foton enerjisinin kimyasal bağ enerjisine dönüştürüldüğü bir süreç sonucu elde etmektedirler.

Bitki ve alglerde fotosentez, kloroplast olarak bilinen ve fotosentezin temel organeli olarak değerlendirilen organellerde gerçekleştirilmektedir. Kloroplastlar, yaklaşık 2 milyar yıl önce atasal bir siyanobakterinin ilkin bir ökaryotik hücre tarafından fagosite edilmesi ve bu siyanobakterinin sahip olduğu genlerin birçoğunu kaybetmesi veya çekirdeğe ve mitokondriye aktarmasıyla evrimleştiği bilinmektedir. Endosimbiyoz olarak da bilinen bu süreç neticesinde üç genomun (çekirdek, kloroplast ve mitokondri genomları) yapısal durumu çoktan şekillenmiş gibi görünse de karşılıklı gen alış verişinin halen devam eden bir süreç olduğu yapılan çalışmalar ile gösterilmiştir (Timmis vd., 2004).

Kloroplastlar, plastom olarak da adlandırılan kendi genomuna sahip bir organeldir ve kloroplast genomlarının tamamı ilk kez tütün (Nicotiana tabacum L.) ve ciğerotu (Marchantia polymorpha L.) bitkilerinden 1986 yılında dizilenmiştir (Shinozaki vd., 1986; Ohyama vd., 1988). Genel olarak, kara bitkilerindeki kloroplast genomları yüksek oranda korunmuş boyut, yapı ve gen içeriğine sahiptirler.

Boyutsal anlamda kloroplast genomları (120-170 kb), mitokondri (200-750 kb) veya çekirdek (0,10-152 gb) genomlarına göre oldukça küçüktürler (Gualberto vd., 2014).

Yapısal olarak ise karasal bitkilerde kloroplast genomu dört parçalı bir yapı sergilemektedir. Bu dört parçalı yapıdan ikisi birçok geni ve RNA'yı (tRNA; rRNA; fotosentezden sorumlu genler vb.) içeren; 10-30 kb uzunluğunda oldukça korunmuş Inverted Repeat (IRs (IRA veIRB)) bölgeleridir. IRs bölgeleri, Large Single-Copy (LSC; iki adet Single-Copy (SC) bölgesinden oluşan) ve Small Single-Copy (SSC) olmak üzere iki bölge ile birbirinden ayrılmaktadır (Sato vd., 1999). Dört bölgeden oluşan bu korunmuş yapısal form (Şekil 3) dairesel (circular) kloroplast genomunda görülmekle birlikte Oldenburg ve Bendich (2016) gerçekleştirdikleri çalışmada mısır (Zea mays L.) bitkisinde düz (linear) formda kloroplast DNA'sının varlığını göstermişlerdir. Linear formda olan kloroplast genomunda IRs; LSC ve SSC bölgelerinin homoloğu olarak End1 ve End2 bölgeleri yine Oldenburg ve Bendich (2016) tarafından tanımlanmıştır.

Son olarak içerik açısından karasal bitkilerin kloroplastları tipik olarak fotosentezde yer alan kilit proteinlerin, ribozomal RNA'ların (rRNA) ve transfer RNA'ların (tRNA'lar) kodlanmasından sorumlu yaklaşık 100 geni içermektedirler (Tonti-Filippini vd., 2017).

Yaklaşık gen sayısı bilinen ve kalıtımı anneden(maternal) olan kloroplast DNA'sı paralog genlerden nadiren etkilendiği gerçekleştirilen çalışmalar ile gösterilmiştir. Bu durum kloroplast genom yapısının oldukça korunmasına ve moleküler biyoloji alanındaki araştırmalarda avantaja sahip olmasına neden olmaktadır. Ayrıca, kloroplast genomu, nükleer genom ile mitokondriyal genom arasında bir mutasyon hızına sahiptir. Kodlanan ve kodlamayan bölgeler arasındaki farklı mutasyon hızı nedeniyle kloroplast genomu özellikle çevresel şartlara bağlı olarak mutasyon izinin tespit edilmesinde oldukça belirleyici bir indikatör niteliği taşımaktadır (Ruhfel vd, 2014).

Plastomlar, bitkilerin fonksiyonel işleyişini anlamak; işlevi belirlenen gen veya gen bölgelerini genetik mühendisliği uygulamaları ile geliştirmek ve özellikle bitkiler arasındaki evrimsel ilişkileri yeniden yapılandırmak için yaygın olarak kullanılmaktadır (Ruhfel vd, 2014). Belirtilen bu çalışmaların birçoğunda plastomun yapısal karekterizasyonu PZR (Polimeraz Zincir Reaksiyonu) ile çoğaltılan kısa DNA parçalarının birleştirilmesi ile tam kloroplast genomlarının elde edilmesi şeklinde olmaktadır.

Kloroplast genomundan PZR yöntemi ile elde edilen kısa DNA fragmentleri tam kloroplast genomlarının elde edilmesinde kullanılmakla birlikte akrabalık ilişkilerinin tespit edilmesinde (filogenetik) de sıklıkla kullanılmaktadır. Ancak rbcL, matK ve trnH-psbA gibi bazı diziler yakın akraba bitkiler arasında çok az varyasyon gösterdiği için veya varyasyonun doygunluğu nedeniyle akrabalık ilişkilerini çözmede düşük performans göstermektedir. Diğer taraftan küçük DNA fragmentleri yerine kloroplast genomunun tamamı kullanılarak gerçekleştirilen filogenetik çalışmalar akrabalık ilişkilerinin belirlenmesinde oldukça etkili bir yöntem olarak değerlendirilmektedir (Ruhfel vd., 2014).

Akrabalık ilişkilerinin tespitinde kloroplast genomu önemli bir belirteç olarak nitelendirilmekle birlikte bazı bitki gruplarında kloroplast genomunun yapısal karakterizasyonu ile gen kayıplarının veya bitki soylarındaki genom farklılaşmasının altındaki nedenler tespit edilebilmekte ve bu farklılaşma mekanizmasının aydınlatılmasıyla farklı genetik mühendisliği uygulamaları geliştirilmektedir (Wicke vd., 2016).

Kloroplast genomunun yapısal karakterizasyonu birçok farklı disipline veri sağlaması açısından önemli bir belirteç olarak nitelendirilse de yakın geçmiş zamana kadar kloroplast genom dizilimini elde etmek maliyetli ve zaman alıcı bir yöntem olarak görülmekteydi. Ancak teknolojik gelişimlere bağlı olarak geliştirilen Yeni Nesil Dizileme (Next Generation Sequencing, NGS) yöntemleri total DNA'dan tam kloroplast genomlarının elde edilmesini oldukça ucuz ve kolay hale getirmiştir (Tonti-Filippini vd., 2017).

Kloroplast genomu boyutu tipik olarak nükleer genom boyutundan 3-4 kat daha küçük olmasına rağmen, tam gelişmiş bir hücrede kopya sayısı 2.000'e ulaşabilmektedir (Golczyk vd., 2014). Sonuç olarak, kloroplast DNA'sı genellikle genç yapraklardan çıkarılan toplam DNA'nın %5-20'sini oluşturur ve bu nedenle düşük okuma derinliğinde bile genom sıyırma tekniği (genome skimming sequencing) ile tüm bir kloroplast genomunu bir araya getirmek için yeterli veri, oldukça ucuza ve kısa bir zaman sürecinde, elde edilmektedir (Twyford & Ness, 2017). Teknolojik gelişimlere bağlı olarak daha ucuz ve hızlı bir şekilde plastomların elde edilmesi ayrıca plastomların birçok farklı alanda bilgi verici yapısı nedeniyle kloroplast genom dizilerinin sayısında hızlı bir artış görülmektedir. Şu ana kadar Amerika Ulusal Biyoteknoloji Bilgi Merkezi bünyesinde

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

(NCBI, https://www.ncbi.nlm.nih.gov/genome/browse#!/organelles/) 4000'den fazla plastome verisi erişime açılmış durumdadır.

Bitkilerin farklı habitatlara uyumunda önemli fonksiyonu olduğu düşünülen kloroplast genomunun çevresel şartlardaki değişime verdiği cevapların araştırılması için farklı ülkeler farklı projeler gerçekleştirmek için çalışmalara başlamış durumdadır. Örneğin Fransa'da ekstrem koşullarda yetişen alpinik bitki türlerinin plastosome sekansını elde etmek adına geniş ölçekli "PhyloAlps" projesi başlatılmış ((https://www.france-genomique.org/spip/?lang=en)) ve 6000 alpinik bitkinin tam kloroplast genomunun elde edilmesi planlanmıştır. Benzer şekilde Kuzey Kutup bölgesinin zor çevre şartlarına adapte olmuş bitki türlerinin kloroplast genomu dizilerini elde etmek için Norveç tarafından "NORBOL" projesi başlatılmıştır. Bu proje kapsamında da kuzey kutup bölgesinden 3000 farklı bitki türünün plastosome verisinin eldesi ve bu kloroplast genomlarının zorlu çevre şartlarına adaptasyon mekanizmalarının araştırılması ana hedef olarak belirlenmiştir.

Gerçekleştirilen bu çalışmada Türkiye'ye endemik *Campanula macrostyla* Boiss. et Heldr. türünün kloroplast genomunun yapısal karakterizasyonu gerçekleştirilmiştir. Campanulaceae (Çançiçeğigiller) familyası (ailesi) kapalı tohumlu bitkiler (Angiosperm) içerisinde sınıflandırılması en karmaşık olan familyalardan birisidir (Damboldt, 1965). Familya kategorisindeki birçok düzenleme sistematik anlamda farklı görüşlerin ortaya çıkmasına neden olmakla birlikte, grup üyelerinin morfolojilerinde; ekolojilerinde; üreme sistemi ve kromozom sayılarındaki varyasyon, farklı araştırmacılar tarafından cins ve tür seviyelerinde de farklı taksonomik yaklaşımların benimsenmesine neden olmaktadır (Damboldt, 1965).

2. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

Daha önce gerçekleştirilen arazi çalışmaları ile hedef takson olan *C. macrostyla* türüne ait örnekler yayılış gösterdikleri alanlardan toplanmıştır. Farklı popülasyonlardan taze yaprak örnekleri silika jel içerisine alınıp hızlı bir şekilde bozulmadan kurutulmuş ve kurutulan bu yapraklar genetik çalışmalar için kullanılmıştır.

Silika jel içerisinde kurutulan yaprak örnekleri sıvı azot içerisinde ezilmiş ve elde edilen dokulardan total DNA izolasyonu DNeasy Plant Mini Kit (Qiagen Inc., Valencia, CA, USA) izolasyon kitiyle gerçekleştirilmiştir. Elde edilen DNAların kalitesi ise nanodrop yardımıyla kontrol edilmiş ve absorbans oranı 1,8-2,0 olan DNA'lar, DNA dizileme kütüphanesinin kurulması ve dizilenmesi işlemine tabi tutulmuştur.

Dizileme sonrası elde edilen ham okumalara ait ''fastq" formatındaki sekanslar FastQC (Andrews, 2017; https://www.bioinformatics.babraham.ac.uk/projects/fastqc/) yazılımı ile görselleştirilmiş ve adaptör, kısa ve düşük kaliteli okumalar Trimmomatic (Bolger vd., 2014) yazılımı ile filtrelenmiş ve sonuç olarak çalışmanın ileriki aşamalarında

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

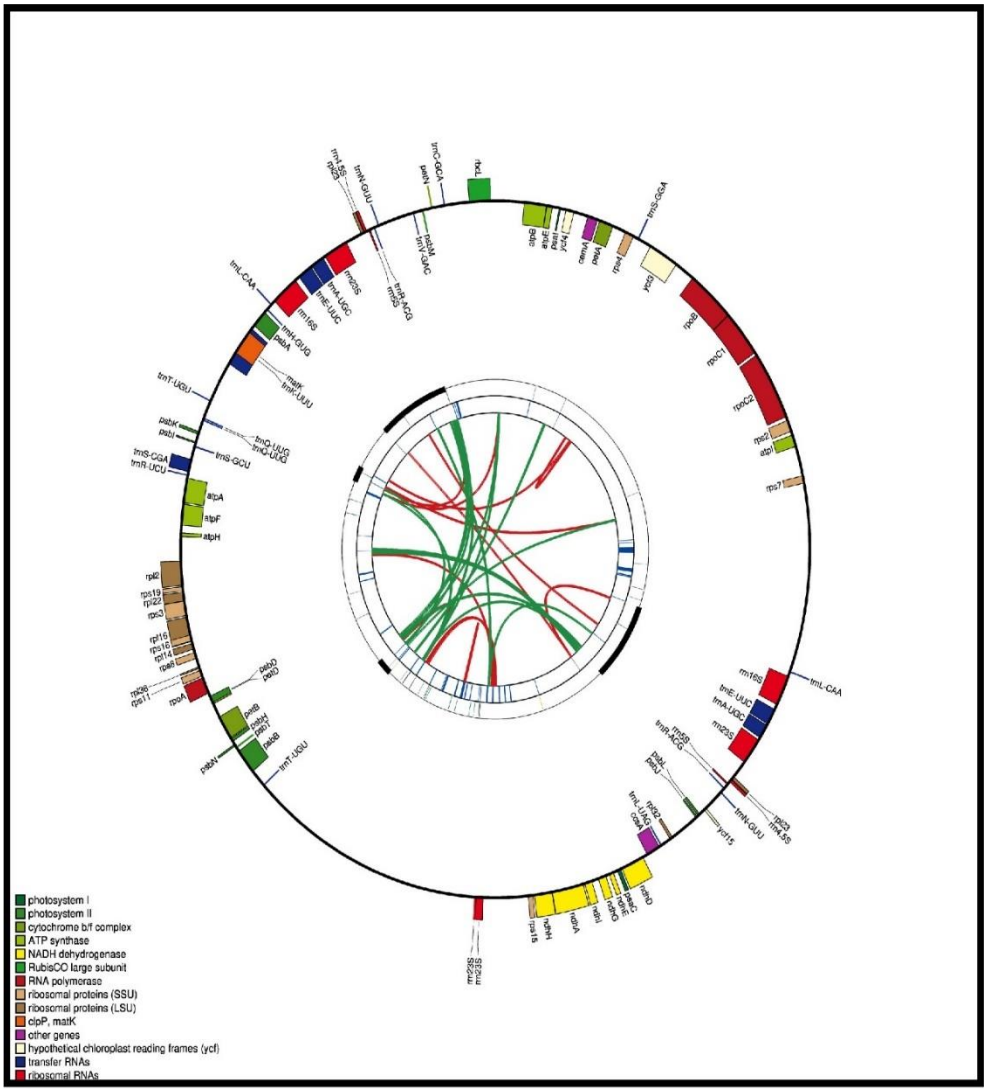
gerçekleştirilecek analizlerde kullanılacak "yüksek kaliteli okumalar" elde edilmiştir. Yüksek kaliteli total DNA okumalarından kloroplast genomunun ayırt edilmesi için GetOrganelle Pipeline ((https://github.com/Kinggerm/GetOrganelle, Jin vd., 2018) kullanılmıştır. GetOrganelle Pipeline (Jin vd., 2018) algoritmasında kök (seed) olarak NCBI'da bulunan *Campanula punctata* referans kloroplast genomu olarak kullanılmıştır.

Yüksek çözünürlüklü total DNA'dan kloroplast genomuna ait okumalar çekildikten sonra kloroplast genomuna ait bu okumalar de novo birleştirme (de novo assembly) yaklaşımı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Hedef türün kloroplast genomundaki gen bölgelerinin belirlenmesi için hizalama temelli (alignment-based) gen tahminlemesi yöntemi kullanılmış ve kloroplast genomuna ait okumalar CPGAVAS2 annotation tool (Shi vd. 2019)'a kullanılarak rRNA ve tRNA'lar belirlenmiştir. Kloroplast genomunun yapısal annotasyonu gerçekleştirildikten sonra kloroplast genomu OrganellarGenomeDRAW programı (OGDRAW, Lohse vd. , 2013) kullanılarak görselleştirilmiştir.

3. SONUÇLAR VE DEĞERLENDİRME

Gerçekleştirilen çalışmalar neticesinde toplam genom boyutunun 166.367 bp uzunluğunda olduğu tespit edilmiştir. Sırasıyla 101.320 bp ve 7547 bp uzunluğunda bir büyük tek kopya (LSC) ve bir küçük tek kopya (SSC) ile ayrılan 28.750 bp'lik bir çift ters çevrilmiş tekrar (IRs) bölgesi tespit edilmiştir (Görsel 1). Plastid genomunun genel GC içeriği %38,8'dir.

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



Görsel 1. *Campanula macrostyla* türünün kloroplast genomuna ait harita.

Gerçekleştirilen çalışmada 85 protein kodlayan gen, 34 tRNA geni ve 7 rRNA geni dahil olmak üzere 126 farklı gen tespit edilmiştir. Bu genler içinde yedi gen bir veya iki intron içermekdir.

4. GENEL DEĞERLENDİRME VE SONUÇLAR

Kloroplast genomunun bitkilerde filogenetik; filocoğrafik; fizyolojik gibi birçok farklı disiplinde güvenle kullanılabilecek bir veri seti oluşturduğu görülmektedir. Kloroplast genomunun özellikle seçilim baskısı karşısında verdiği cevapların araştırılması ve mevcut çevre şartlarındaki değişime bağlı olarak bitkilerin genetik anlamda oluşturduğu koruma mekanizmalarının tespit edilmesi, çevre şartlarının küresel ölçekteki değişimine karşı hazırlıklı olmaya fayda sağlayacaktır. Bu fayda sadece ekonomik önemi olan ve kültürü yapılan bitki grupları için değil ayrıca bitkilerin çevresel değişime ne gibi cevaplar

verdiğinin tespiti ile mevcut biyoçeşitliliğin nasıl korunması gerektiği anlamamıza katkı sağlayacaktır.

.

KAYNAKÇA

Andrews, S. FastQC: a quality control tool for high throughput sequence data, 2017.

Bolger, A. M., Lohse, M., & Usadel, B. Trimmomatic: a flexible trimmer for Illumina sequence data. Bioinformatics, 30(15), 2114-2120, 2014.

Damboldt, J. Zytotaxonomische Revision der isophyllen Campanulae in Europa. – Bot. Jahrb. Syst. Pflanzengesch. Pflanzengeogr. 84: 302–358, 1965.

Golczyk, H., Greiner, S., Wanner, G., Weihe, A., Bock, R., Börner, T., & Herrmann, R. G. Chloroplast DNA in mature and senescing leaves: a reappraisal. The Plant Cell, 26(3), 847-854, 2014.

Gualberto, J. M., Mileshina, D., Wallet, C., Niazi, A. K., Weber-Lotfi, F., & Dietrich, A. The plant mitochondrial genome: dynamics and maintenance. Biochimie, 100, 107-120, 2014.

Jin, J. J., Yu, W. B., Yang, J. B., Song, Y., Yi, T. S., & Li, D. Z. GetOrganelle: a simple and fast pipeline for de novo assembly of a complete circular chloroplast genome using genome skimming data. BioRxiv, 256479, 2018.

Lohse, M., Drechsel, O., Kahlau, S., & Bock, R. OrganellarGenomeDRAW—a suite of tools for generating physical maps of plastid and mitochondrial genomes and visualizing expression data sets. Nucleic acids research, 41(W1), W575-W581, 2013.

Ohyama, K., Kohchi, T., Fukuzawa, H., Sano, T., Umesono, K., & Ozeki, H. Gene organization and newly identified groups of genes of the chloroplast genome from a liverwort, Marchantia polymorpha. Molecular Biology of Photosynthesis, 27-42, 1988.

Oldenburg, D. J., & Bendich, A. J. The linear plastid chromosomes of maize: terminal sequences, structures, and implications for DNA replication. Current genetics, 62, 431-442, 2016.

Ruhfel, B. R., Gitzendanner, M. A., Soltis, P. S., Soltis, D. E., & Burleigh, J. G. From algae to angiosperms–inferring the phylogeny of green plants (Viridiplantae) from 360 plastid genomes. BMC evolutionary biology, 14, 1-27, 2014.

Sato, S., Nakamura, Y., Kaneko, T., Asamizu, E., & Tabata, S. Complete structure of the chloroplast genome of Arabidopsis thaliana. DNA research, 6(5), 283-290, 1999.

Shi, L., Chen, H., Jiang, M., Wang, L., Wu, X., Huang, L., & Liu, C. CPGAVAS2, an integrated plastome sequence annotator and analyzer. Nucleic acids research, 47(W1), W65-W73, 2019.

Shinozaki, K., Ohme, M., Tanaka, M., Wakasugi, T., Hayashida, N., Matsubayashi, T., ... & Sugiura, M. The complete nucleotide sequence of the tobacco chloroplast genome: its gene organization and expression. The EMBO journal, 5(9), 2043-2049, 1986.

Timmis, J. N., Ayliffe, M. A., Huang, C. Y., & Martin, W. Endosymbiotic gene transfer: organelle genomes forge eukaryotic chromosomes. Nature reviews genetics, 5(2), 123-135, 2004.

Tonti-Filippini, J., Nevill, P. G., Dixon, K., & Small, I. What can we do with 1000 plastid genomes?. The Plant Journal, 90(4), 808-818, 2017.

Twyford, A. D., & Ness, R. W. Strategies for complete plastid genome sequencing. Molecular ecology resources, 17(5), 858-868, 2017.

Wicke, S., Müller, K. F., DePamphilis, C. W., Quandt, D., Bellot, S., & Schneeweiss, G. M. Mechanistic model of evolutionary rate variation en route to a nonphotosynthetic lifestyle in plants. Proceedings of the National Academy of Sciences, 113(32), 9045-9050, 2016.

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

EVALUATION OF THE EFFECT OF CURCUMIN AND ELLAGIC ACID ON LUCIDIN-INDUCED DNA DAMAGE TO HUMAN PERIPHERAL LYMPHOCYTES BY COMET ASSAY

Ümit HARUROĞLU[1], Deniz ALTUN ÇOLAK[2]

[1]Erzincan Binali Yıldırım University, Institue of Natural and Applied Science

(ORCID: 0000-0003-3134-9072)

[2]Erzincan Binali Yıldırım University, Faculty of Arts and Sciences,

(ORCID: 0000-0002-3576-0355)

ABSTRACT

Lucidin is an anthraquinone derivative metabolite obtained from the root dye plant and used as a dyestuff. Curcumin and ellagic acid are polyphenol-group antioxidants that have recently gained popularity. In this study, the antigenotoxic effects of ellagic acid and curcumin against the possible genotoxicity of lucidin in human peripheral blood lymphocytes were investigated with the comet assay, known as a single-cell gel electrophoresis test method. The study included a negative control (10% DMSO), positive control (EMS; 1 mM), lucidin (LUC; 200 µM), ellagic acid (EA; 50 and 100 µM), curcumin (CUR; 0.1 and 1 µM), LUC+EA, LUC+CUR, and LUC+EA+CUR groups. Counting cells under a fluorescent microscope provided the mean percentage of damaged cells, genetic damage index, tail length, tail DNA density (%), and tail moment. Using the SPSS package program, the results were compared to the negative control group. Genetic damage index, percentage of damaged cells, tail length, and tail moment parameters increased significantly in the LUC group compared to the control. While these values were lower in all EA and CUR groups compared to the control, it was observed that they approached the control in the LUC+EA, LUC+CUR, and LUC+EA+CUR combination groups. As a result, it was observed that LUC induces DNA damage in human peripheral blood lymphocytes, exhibiting a toxic effect. However, the combination of EA and CUR reduced LUC toxicity through their antigenotoxic effects. The study aimed to assess the DNA-protective capabilities of EA and CUR.

Keywords: Comet assay, Curcumin, Ellagic acid, Genotoxicity, Lucidine

1. INTRODUCTION

Medicinal plants have historically been used across different parts of the world for centuries, often without scientific investigation into their safety. These plants have served

various purposes, including food and dye sources. Natural dyes derived from these plants are commonly present in everyday products from industries such as cosmetics, textiles, food, art, and pharmaceuticals. It's worth noting that the plants utilized in synthesizing these products frequently contain toxic substances that might harm humans when consumed or used in other ways (Teixeria et al., 2003; Owolarafe et al., 2020). These harmful effects can vary based on the specific plant species, seasonal and environmental factors, and metal levels in the air, water, and soil (Begaa and Messaoudi, 2019). The escalation of chemical pollution, particularly in recent years, is a consequence of rapid technological advancement. Research has shown that the chemical constituents of plants can possess genotoxic and carcinogenic properties. Concerns have been raised about the potential carcinogenic hazards of these components in humans, urging caution in their therapeutic use (Brown and Brown, 1976; Brown and Dietrich, 1979; Westendorf et al., 1988; Prinsloo et al., 2018). A significant percentage of carcinogenic agents are genotoxic to humans, and a strong relationship between genotoxicity and cancer has been established. As a result of this research, industrial and health organizations have started employing genotoxicity tests as screening tests to determine the cancer risk of physical and chemical agents (Kılıç, 2005; Şekeroğlu and Şekeroğlu, 2011).

Lucidine (LUC), a hydroxyanthraquinone (HA) metabolite, is known to be mutagenic and genotoxic (Kawasaki et al., 1994). Ellagic acid (EA), derived from plants like *Juglans regia*, *Myrciaria cauliflora*, *Punica granatum*, *Rubus caesius*, *Rubus idaeus*, *Sanguisorba officinalis*, and *Terminalia chebula* is a non-enzymatic antioxidant. It's formed through the hydrolysis of ellagitannins, secondary metabolites in these plants' leaves, fruits, and seeds. EA is antimutagenic, antigenotoxic, antiapoptotic, anticarcinogenic, antibacterial, antiviral, antimalarial, antiallergic, antiinflammatory, antiatherogenic, antidiabetic, antiepileptic, antidepressant, and has properties such as cardioprotection, hepatoprotection, antioxidant, and antifibrosis (Seeram et al., 2004; Edderkaoui et al., 2008; Çağlar et al., 2017; Erzurum, 2020). Curcumin (CUR), the active component of *Curcuma longa* L. (turmeric), a member of the Zingiberaceae family, is renowned for its potent antioxidant, antibacterial, anticarcinogenic, and antimutagenic effects. It's been studied for its potential in preventing cancer and heart diseases (Sharma, 1976; Toda et al., 1985; Ammon and Wahl, 1991; Jitoe et al., 1992; Masuda et al., 1992; Khanna, 1999; Jayaprakasha et al., 2006; Kunnumakkara et al., 2007; Sandur et al., 2007; Sarvalkar et al., 2011).

This study aimed to investigate the potential antigenotoxic effects of natural phenolic compounds, ellagic acid, and curcumin, against potential DNA damage induced by lucidine, a natural dyestuff, on human peripheral blood lymphocytes, utilizing single-cell gel electrophoresis (comet assay), a rapid, reliable, simple, and cost-effective *in vitro* method sensitive to genotoxic impacts.

2. MATERIALS AND METHODS

2.1. Chemicals

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

Chemical mutagens applied in this study were Lucidin (LUC, PhytoLab), Curcumin (CUR, Sigma), Elagic acid (EA, Acros Organics), Ethyl methanesulfonate (EMS, Sigma), DMSO (Merck), Roswell Park Memorial Medium (RPMI-1640, Sigma), Phosphate Buffer Saline (PBS, Biowest), Penicillin-Streptomycin (Biological Industries), L-Glutamine Solution (Sartorius), Ficoll (Sigma), Ethidium bromide (Sigma), Triton X-100 (Merck), Ethylenediaminetetraacetic acid (EDTA, Sigma), Tris base (Merck), Low melting point agarose (LMPA, MP Biomedicalls), Normal melting point agarose (NPMA, Sigma), $Na_2EDTA.2H_2O$ (Sigma E5134), NaCl (Merck), NaOH (Merck), and Triphan blue (Sigma).

2.2. Obtaining Blood Samples

Nine drops of human peripheral blood cells (HPBLs) were collected from four students (two males and two females) under the age of 20 after previous informed consent was obtained. These students had no history of smoking, alcohol consumption, or exposure to chemical substances or environmental pollutants. This data was acquired through the use of a pre-qualifying questionnaire. The HPBLs were centrifuged at 200× g for 10 minutes in three mL of phosphate buffer (containing 2.7 mM KCl, 10 mM KH_2PO_4, 136 mM NaCl, 10 mM Na_2HPO_4, pH 7.4). Following centrifugation, the supernatant was discarded, and the pellet was re-suspended in 500 µL of phosphate buffer (PBS) at 4°C, awaiting subsequent utilization.

2.3. Genetic Damage Induced by LUC, EA, and CUR

To induce genetic damage, each component was combined with a mutagen v/v for two hours and 4°C and at the following final concentrations: (1) Negative control (10% DMSO), (2) Positive control (EMS 1 mM), (3) 200 µM LUC, (4) 50µM EA, (5)100µM EA, (6) 0,5 µM CUR, (7) 1,0 µM CUR, (8) 200 µM LUC+50 µM EA, (9) 200 µM LUC+100 µM EA, (10) 200 µM LUC+0,5 µM CUR, (11) 200µM LUC+1,0µM CUR, (12) 200µM LUC+100µM EA+1µM CUR. After the treatment, all samples were washed three times with PBS, and the pellet was resuspended in 100 µL of the same PBS before being put on the agarose gels. This procedure was repeated twice for each of the four samples.

2.4. Alkaline comet assay (alkaline single-cell gel electrophoresis)

The alkaline single-cell gel electrophoresis (SCGE) was performed as previously described by Singh et al. (1988) with the following modifications: First, microscope slides were covered with a 1% solution of normal melting point agarose (NMPA), allowed to solidify, and then removed, leaving a clean surface. After that, a layer of 0.6% low melting point agarose (LMPA) was applied to each slide. Once it solidified, another layer was added, consisting of 10 µL of a mixture containing whole blood and 90 µL of a 0.5% LMPA solution. Finally, a third layer of 0.5% LMPA was used to cover the second layer. Next, the slides were placed in a lysis solution (containing 10% DMSO, 100 mM EDTA, 10 mM Tris-HCl, 136 mM NaCl, and 1% Triton X-100, pH 10) for 2 hours at a temperature of 11°C. After the lysis step, the slides were introduced into a horizontal

electrophoresis system with an electrophoresis buffer (composed of 200 mM EDTA, 10 N NaOH, pH 13.1) for 45 minutes. The electrophoresis process was carried out for 30 minutes at an electric field strength of 1.0 V/cm and an approximate current of 300 mA, within a temperature range of 10-15°C. After electrophoresis, many washing processes were carried out. First, the slides were rinsed with neutralization buffer (composed of 0.4 M Tris, pH 7.5), and then they were stained with 90 µL of ethidium bromide (at a concentration of 20 µg/mL). Following that, the slides were immersed in distilled water for three minutes. Finally, an extensive rinsing process using distilled water was conducted for 15 minutes.

2.5. Statistical method

If not mentioned otherwise, samples were blinded, and 100 randomly selected comets were evaluated for each experiment. Tail intensities are represented in percentages (=tail intensity (%)) as the mean of at least three separate experiments and their standard deviations. By applying comet analysis, staining was done, images were examined under a fluorescent microscope, and photographs were taken and recorded. Counting and analysis were performed with the Open Comet program, considering 100 cells in each field. Statistical analysis was performed by calculating all studies with SPSS 23. The data were commented on according to the significance level of 0.05.

3. RESULTS AND DISCUSSION

Negative control (10% DMSO) for determination of genotoxicity, positive control (1 mM EMS) as a chemical agent known to cause genotoxic damage, lucidine (LUC; 200 µM), ellagic acid (EA; 50 and 100 µM), curcumin (CUR; 0,1 and 1 µM), LUC+EA, LUC+CUR, and LUC+EA+CUR groups, a total of 12 working groups were formed and applications were made. Cells treated with LUC, EA, and CUR doses separately and in combination for 24 hours were analyzed by comet assay. While increasing concentrations of EA and CUR were used for LUC+EA and LUC+CUR combinations, EA and CUR concentrations were kept constant in the LUC+EA+CUR combination group, and the highest concentrations were applied.

In the comet test, the viability of cells isolated from cells treated with an agent should be at least 80%. The data obtained from the cellular viability values of all volunteers with the trypan blue test and the average cellular viability values of all administration groups are given in Figure 1.

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

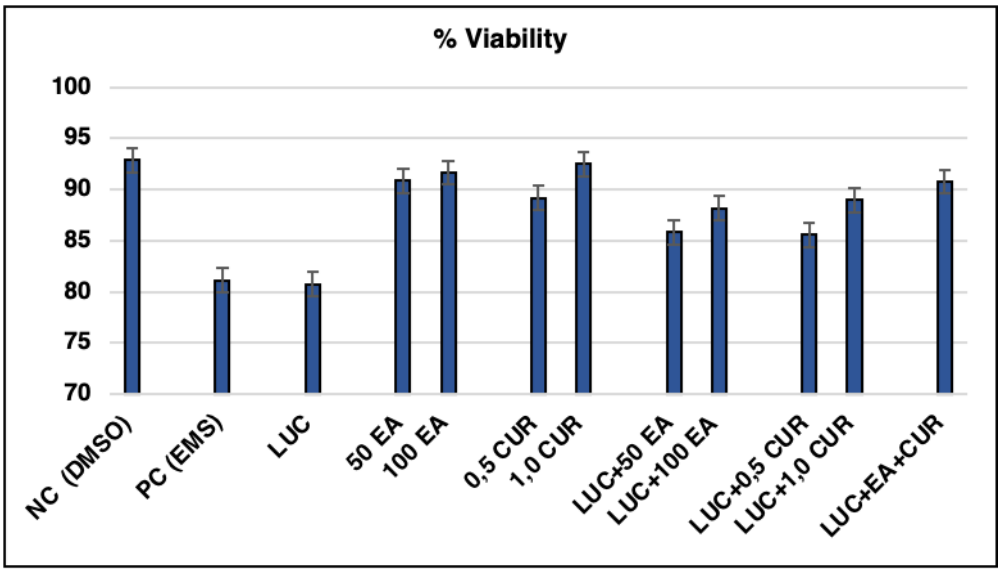


Figure 1. The average cellular viability for all experimental groups was determined by the trypan blue test (NC: Negative control; 10% DMSO, PC: Positive control; 1 mM EMS, LUC: 200 µM lucidine, EA: 50 and 100 µM ellagic acid, CUR; 0.1 and 1 µM curcumin)

The % vitality values in the LUC group declined compared to the DMSO control, but they ascended in the EA, CUR, LUC+EA, and LUC+CUR combination groups and approached the control.

100 cells from each of the treatment groups belonging to each volunteer were counted and the counted cells were classified into five groups type 0, type 1, type 2, type 3, and type 4 according to the damage they had suffered. Genetic damage index (GDI) and damaged cell percentage (DCP) values were determined by the alkaline comet test method in human peripheral blood lymphocytes exposed to chemical agents at determined concentrations (Table 1).

Table 1. Summary findings of data of all volunteers obtained by alkaline comet test

Experimental Groups	N	Type 0	Type 1	Type 2	Type 3	Type 4	GDI	DCP
NC (%10 DMSO)	400	88,75	6	3,5	1	0,75	0,19±0,01	5,25±1,41
PC (1 mM EMS)	400	63	4,5	6,25	9,5	16,75	1,12±0,42[a]	32,50±3,03[a]
200 µM LUC	400	67,5	1,75	3,5	8,5	18,75	1,09±0,02[a]	30,75±2,17[a]
50 µM EA	400	90,5	4,5	3,25	1,5	0,25	0,16±0,07[a,b]	5,00±0,91[b]
100 µM EA	400	94,25	3,25	1,25	1	0,25	0,09±0,01[a,b]	2,50±0,78[a,b]
0,5 µM CUR	400	88,75	7	3,25	0,5	0,5	0,17±0,05[b]	4,25±1,04[a,b]
1,0 µM CUR	400	92,25	5	2	0,75	0	0,11±0,02[a,b]	2,75±1,70[a,b]
200 µM LUC+ 50 µM EA	400	77,75	12	5,75	3	1,5	0,38±0,27[a,b]	10,25±2,18[a,b]
200 µM LUC+ 100 µM E	400	85,25	9,5	3,5	0,75	1	0,22±0,09[a,b]	5,25±1,12[b]

200 µM LUC+ 0,5 µM C	400	77,5	9	7	4,5	2	0,44±0,15[a,b]	13,50±3,21[a,b]
200 µM LUC+ 1,0 µM C	400	83,25	9,5	4,5	1,75	1	0,27±0,19[a,b]	7,25±0,23[a,b]
200 µM LUC+ 100 µM E	400	85,5	6,25	4	3,25	1	0,28±0,04[a,b]	8,25±1,87[a,b]

Differences between values represented by exponential letters are significant at the p<0.001 level compared to NC (10% DMSO) f
µM LUC for [b].

In the alkaline comet assay, tail length (TL), percentage of DNA in the tail (% T-DNA), and tail moment (TM) were determined following exposure of human peripheral blood lymphocytes to different concentrations of LUC, EA, and CUR individually and in combination for 24 hours. For each volunteer, a total of 200 comets, with 50 comets per volunteer, were evaluated for alkaline comet scoring of the treatment groups. Tail length (TL) is specifically used to assess low levels of DNA damage. In the DMSO negative control group, the TL value was determined to be 19.54±2.32 µm, while in the EMS positive control group, this value was found to be 87.31±13.29 µm. In the LUC group, the TL value was 86.79±11.09 µm. As the concentrations of EA and CUR increased, the TL values gradually neared those of the negative control.

Similarly, in the combination groups of LUC, EA, and CUR, TL values decreased, approaching those of the negative control. The observed differences in TL values were statistically significant (p<0.001). Figure 2 displays the values for the tail length parameter for the treatment groups.

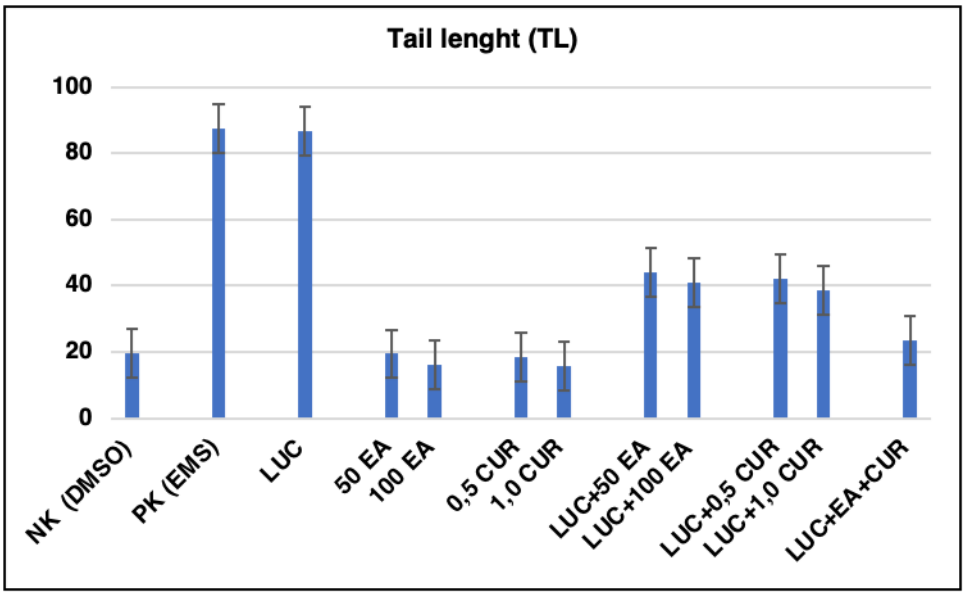


Figure 2. DNA tail length caused by DNA damage in human peripheral lymphocytes (NC: Negative control; 10% DMSO, PC: Positive control; 1 mM EMS, LUC: 200 µM lucidine, EA: 50 and 100 µM ellagic acid, CUR; 0.1 and 1 µM curcumin)

As DNA damage increases, the density of the tail also increases. Another useful parameter is the percentage of DNA tail density (% T-DNA), which is linearly related to the frequency of breaks. In the DMSO negative control group, the % T-DNA value is 11.43.

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

In the positive control group, this value is 79.73, and it is statistically significantly increased compared to the negative control in terms of the % T-DNA parameter, indicating DNA damage ($p<0.001$). Similar to the TL values, % T-DNA parameter values in the LUC, EA, and CUR combination groups decreased compared to the LUC group, as shown in Figure 3.

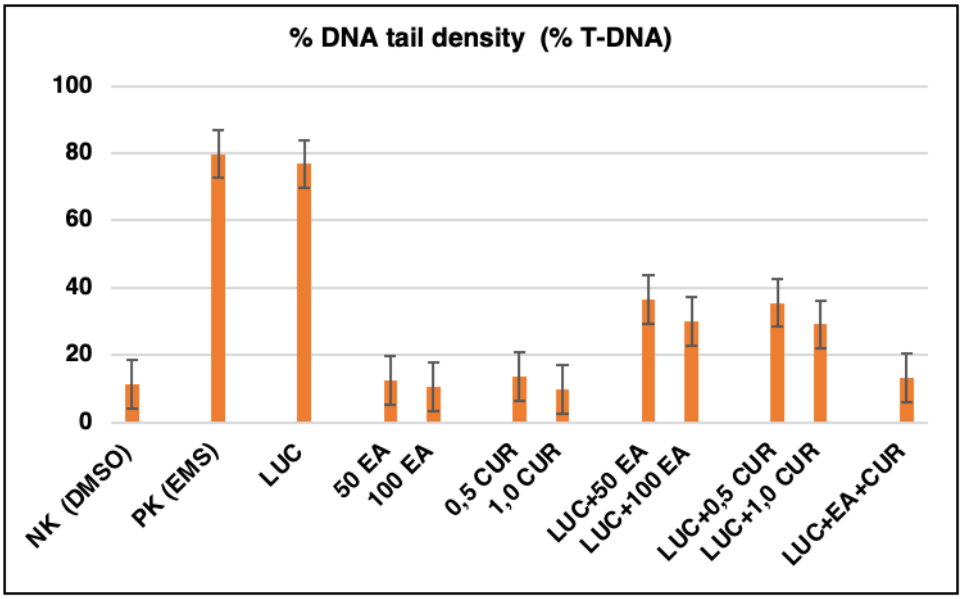


Figure 3. % DNA tail density associated with DNA damage in human peripheral lymphocytes (NC: Negative control; 10% DMSO, PC: Positive control; 1 mM EMS, LUC: 200 µM lucidine, EA: 50 and 100 µM ellagic acid, CUR; 0.1 and 1 µM curcumin)

Tail moment combines tail length, tail density, and tail DNA percentage into a single value, making it the most useful and commonly used parameter. Tail moment (TM) is a value obtained by dividing the product of tail length (TL) and tail DNA percentage (% T-DNA) by 100. TM values were determined as 2.23±0.19 µm for the negative control and 69.61±9.41 µm for the positive control groups, respectively. In the LUC treatment group, the observed TM value was 66.65±5.12 µm, which decreased to 3.10±0.13 µm in the LUC+EA+CUR group, approaching that of the negative control. It was determined that the observed differences in TM values were statistically significant ($p<0.001$). TM values for LUC, EA, and CUR, individually and in combination groups, are shown in Figure 4.

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

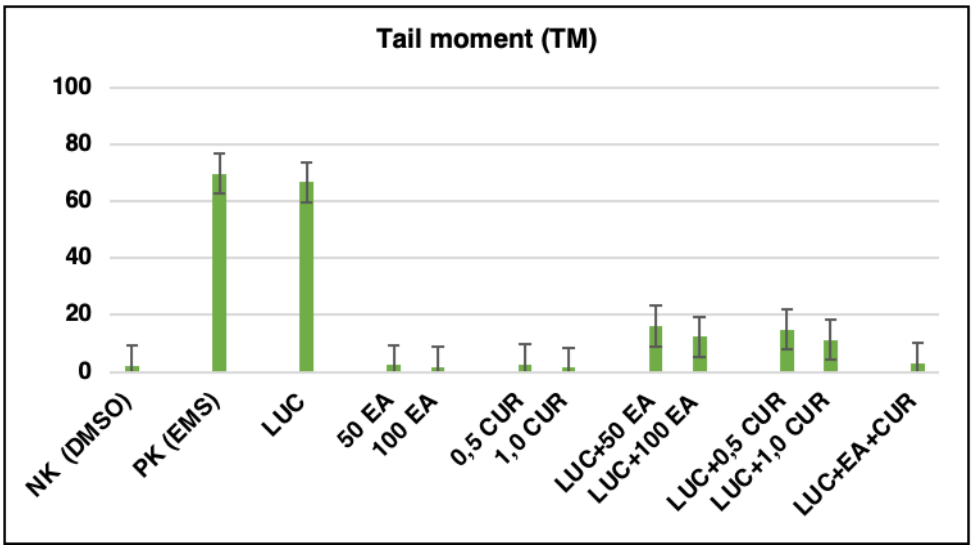


Figure 4. Tail moment caused by DNA damage in human peripheral lymphocytes (NC: Negative control; 10% DMSO, PC: Positive control; 1 mM EMS, LUC: 200 µM lucidine, EA: 50 and 100 µM ellagic acid, CUR; 0.1 and 1 µM curcumin)

4. DISCUSSION

The Comet assay, also known as Single Cell Gel Electrophoresis (SCGE), is widely used in various fields such as ecotoxicology, clinical studies, bio-monitoring, and cancer research. This method enables the identification of genotoxic effects caused by chemical and physical agents on living organisms at the DNA level. Genotoxicity was determined using the alkaline comet assay by analyzing cells treated for 24 hours with 200 µM LUC, 50 and 100 µM EA, 0.1 and 1 µM CUR, individually and in combination. Genetic damage index, percentage of damaged cells, tail DNA density (%), tail length, and tail moment were calculated from the obtained data and compared with the literature.

In genotoxic tests conducted on the mutagenicity of the natural dye LUC, data obtained from the Ames Salmonella/microsomal test using *Salmonella typhimurium* strains indicated that LUC was found to be mutagenic (Yasui and Takeda, 1983). LUC was shown to produce single-strand DNA breaks and promote DNA-protein cross-links in genotoxic assays on V79 (Chinese hamster fibroblast) and C3H/M2 (mouse fibroblast and liver) cell lines (Bachur et al., 1978; Westendorf et al., 1988). Furthermore, there are studies demonstrating that LUC, a natural anthraquinone, and its derivatives induce damage to DNA by inducing transversions and transitions in both *in vivo* and *in vitro* studies (Poginsky et al., 1991; Kawasaki et al., 1994; Ghodke et al., 2015; Yockey et al., 2017; Ishii et al., 2019; Ishii et al., 2022).

The visual and computer analysis results also demonstrate that LUC significantly increased the genetic damage index and cell damage percentage compared to the negative control. Similarly, an increase in tail DNA frequency (%), tail length, and tail moment was observed in the LUC group compared to the control. The differences detected between the LUC and control groups suggest that LUC causes DNA damage, increasing

chromosomal abnormalities in human peripheral cells. The obtained results support the existing literature.

Numerous research in the literature on the natural phenolic compounds EA and CUR show that EA has cytotoxic and antiproliferative effects in cancer cells, causing apoptosis (Losso et al., 2004; Labrecgue et al., 2005; Li et al., 2005; Seeram et al., 2005; Han et al., 2006; Larrosa et al., 2006; Edderkaoui et al., 2008; Kim et al., 2009; Hagiwara et al., 2010; Malik et al., 2011; Bozkurt et al., 2012; Erenoğlu, 2012; Chung et al., 2013; Umesalma et al., 2015; Guo et al., 2016; Cheng et al., 2017). The protective effect of EA against nicotine-induced toxicity in rat peripheral blood lymphocytes was analyzed using comet and MN assays, and it was reported that 100 µM EA provided maximum protection by reducing the activity of lipid peroxidase enzyme, preventing toxicity (Sudheer et al., 2007). In another study where the protective effect of EA against hepatocyte damage resulting from oxidative stress was tested in both *in vivo* and *in vitro* studies, it was shown that EA reduced the production of reactive oxygen species by preventing mitochondrial depolarization in hepatocyte cells. Additionally, EA prevented apoptotic and necrotic cell damage. Furthermore, EA was shown to lead to the death of damaged liver cells and protect cells against increases in AST (aspartate transaminase), ALT (alanine transaminase), and GSH (glutathione). It was also indicated that EA protected cells against micronucleus formation in polychromatic erythrocytes in mouse bone marrow, demonstrating the prevention of DNA damage through the Comet assay (Gradecka-Meesters et al., 2011).

The protective effect of EA on the kidneys of Swiss albino mice induced with cyclophosphamide was investigated using the micronucleus test. The results of the MN test indicated that EA significantly reduced oxidative stress, DNA damage, and genotoxicity in kidney cells by reducing DNA strand breaks and micronucleus formation (Rehman et al., 2012). The use of EA against cisplatin-induced nephrotoxicity, which leads to oxidative stress formation, resulted in a significant reduction in elevated plasma creatinine, urea, and calcium levels caused by cisplatin, and it was found to prevent cisplatin-induced oxidative stress in Sprague-Dawley rats (Ateşşahin et al., 2006). In another study investigating the protective effect of EA against cardiotoxicity in rats, EA was found to reduce tissue damage by demonstrating antioxidant activity (Hemmati et al., 2018).

CUR, like many other plant-based products, is known to have high bioavailability, a wide biological spectrum, and a non-toxic potent antioxidant (Topal and Uğur, 2021). Numerous studies have aimed to evaluate its therapeutic and cytotoxic effects, owing to its anti-inflammatory, antimicrobial, antidiabetic, antibacterial, and antioxidant properties (Ekici, 2022). In studies conducted on mice and rats, CUR has been found to exhibit a protective effect due to its antioxidant properties, preventing lipid peroxidation and protein oxidation in brain, stomach, and liver tissues (Inano and Onoda, 2002; Manikandan et al., 2004; Swarnakar et al., 2005; Siddiqui et al., 2006; Sumanont et al., 2006). Additionally, CUR has been shown to have a strong immunomodulatory effect (Jagetia and Aggarwal, 2007; Türker, 2018). CUR has been shown to decrease

chromosomal abnormalities induced by chlorpyrifos in mice through its antioxidant effects (Eren et al., 2019). CUR, a phenolic compound, has been indicated to have potent inhibitory activity against the COVID-19 protease, suggesting that it could be considered a COVID-19 antiprotease drug (Mohammadi and Shaghaghi, 2020). When applied to cancer cell lines such as the brain and breast at different doses, CUR has been shown to reduce cell proliferation and induce oxidative stress, and apoptosis (Bektur Aykanat and Kaçar, 2021; Kar and Hacıoğlu, 2021).

Furthermore, it has been shown that EA and CUR inhibit DNA strand breaks and reduce the induction of micronuclei and chromosomal abnormalities in irradiated mice (Thresiamma and Kuttan, 1998). In a study on mice, enzyme inhibition of increased protein kinase C activity due to radiation exposure was achieved after CUR and EA treatment (Varadkar et al., 2001). EA and CUR have also been found to reduce free radicals and prevent DNA damage, exhibiting anticarcinogenic effects in carcinoma cells (Kumar et al., 2016).

In light of all this data, it has been observed that LUC exhibits a toxic effect by causing DNA damage in human peripheral blood lymphocytes, and the doses of EA and CUR used in the study reduce genotoxicity resulting from LUC toxicity. Furthermore, although there are studies indicating the genotoxicity and mutagenicity of the chemical agents used in our research or their antigenotoxic and antioxidant properties, no literature has been found on the combined use of phenolic compounds EA and CUR on DNA damage caused by LUC in human peripheral lymphocyte cells. Therefore, our study is considered to be original.

5. CONCLUSIONS

In today's world, the rapid increase in the use of chemical substances and additives, such as natural colorants and antioxidants used in food, as well as in various industries like cosmetics, textiles, and agriculture, highlights the importance of determining whether these chemicals and additives have adverse effects on the genetic makeup of living organisms. Investigating the genotoxic potential of these substances, preventing their adverse effects, and ensuring their use within the specified legal limits are crucial for food safety, human health, and quality of life. Increasing awareness among producers and consumers is essential for achieving these goals.

ACKNOWLEDGMENTS The Erzincan Binali Yıldırım University Research Foundation funded this study. The authors thank Erzincan Binali Yıldırım University for financial support for the project [Project Number = FYL-2019-651].

REFERENCES

Ammon HP, Wahl MA (1991) Pharmacology of *Curcuma longa*. Planta Med 57(01): 1-7.

Ateşşahín A, Çeríbaşi AO, Yuce A, Bulmus Ö, Çikim G (2007) Role of ellagic acid against cisplatin-induced nephrotoxicity and oxidative stress in rats. Basic Clin Pharmacol Toxicol 100(2): 121-126.

Bachur NR, Gordon SL, Gee MV (1978) A general mechanism for microsomal activation of quinone anticancer agents to free radicals. Cancer Res 38(6): 1745-1750.

Begaa S, Messaoudi M (2019) Toxicological aspect of some selected medicinal plant samples collected from Djelfa, Algeria Region. Biol Trac Elem Res 187(1): 301-306.

Bektur Aykanat NE, Kaçar S (2021) Investigation of dose-dependent effect of curcumin on T-47D breast cancer cells. Journal of Uludag University Medical Faculty 47(2): 241-245.

Bozkurt Y, Firat U, Atar M, et al. (2012) The protective effect of ellagic acid against renal ischemia-reperfusion injury in male rats. Kafkas Univ Vet Fak Derg 18(5): 823-828.

Brown JP, Brown RJ (1976) Mutagenesis by 9, 10-anthraquinone derivatives and related compounds in *Salmonella typhimurium*. Mutat Res Gen Tox 40(3): 203-224.

Brown JP, Dietrich PS (1979) Mutagenicity of anthraquinone and benzanthrone derivatives in the Salmonella/microsome test: activation of anthraquinone glycosides by enzymic extracts of rat cecal bacteria. Mutat Res Gen Tox 66(1): 9-24.

Cheng H, Lu C, Tang R, et al. (2017) Ellagic acid inhibits the proliferation of human pancreatic carcinoma PANC-1 cells in vitro and in vivo. Oncotarget 8(7): 12301.

Chung YC, Lu LC, Tsai MH, et al. (2013) The inhibitory effect of ellagic acid on cell growth of ovarian carcinoma cells. Evid Based Complement Alternat Med 2013.

Çağlar HO, Süslüer SY, Kavaklı Ş, Gündüz C, Ertürk B, Özkınay F, Haydaroğlu A (2017) Ellagic acid induced expression of miRNAs in breast cancer stem cells and effect of ellagic acid on apoptosis. Ege J Med 56(4):183-192.

Edderkaoui M, Odinokova I, Ohno I, et al. (2008) Ellagic acid induces apoptosis through inhibition of nuclear factor κB in pancreatic cancer cells. WJG 14(23): 3672.

Ekici S (2022) Protective effect of curcumin on the ligamentum periodontale cell line exposed to high glucose concentration. Pamukkale University, Doctoral Thesis.

Eren B, Dinç N, Selçuk AY, Kefelioğlu H (2019) Ameliorative and protective effect of antioxidant curcumin against chlorpyrifos induced chromosome aberrations. Biharean Biol 13 (2): 110-113.

Erenoğlu N (2012) Cytotoxicity effects of ellagic acid on different human breast cancer cells. Anadolu University, Master Thesis.

Erzurum M (2020) Investigation of the effects of folic acid and ellagic acid in ochratoxin A toxication. Aydın Adnan Menderes University, Doctoral Thesis.

Ghodke PP, Harikrishna S, Pradeepkumar PI (2015) Synthesis and polymerase-mediated bypass studies of the N 2-deoxyguanosine DNA damage caused by a lucidin analogue. J Org Chem 80(4): 2128-2138.

Gradecka-Meesters D, Palus J, Prochazka G, et al. (2011) Assessment of the protective effects of selected dietary anticarcinogens against DNA damage and cytogenetic effects induced by benzo [a] pyrene in C57BL/6J mice. Food Chemical Toxicol 49(8): 1674-1683.

Guo H, Zhang D, Fu Q (2016) Inhibition of cervical cancer by promoting IGFBP7 expression using ellagic acid from pomegranate peel. Med Sci Monit 22: 4881.

Hagiwara Y, Kasukabe T, Kaneko Y, Niitsu N, Okabe-Kado J (2010) Ellagic acid, a natural polyphenolic compound, induces apoptosis and potentiates retinoic acid-induced differentiation of human leukemia HL-60 cells. Int J Hematol 92: 136-143.Han DH, Lee MJ, Kim JH (2006) Antioxidant and apoptosis-inducing activities of ellagic acid. Anticancer Res 26(5A): 3601-3606.

Hemmati AA, Olapour S, Varzi HN, et al. (2018) Ellagic acid protects against arsenic trioxide–induced cardiotoxicity in rat. Hum ExpToxicol 37(4): 412-419.

Inano H, Onoda M (2002) Radioprotective action of curcumin extracted from *Curcuma longa* LINN: inhibitory effect on formation of urinary 8-hydroxy-2′-deoxyguanosine, tumorigenesis, but not mortality, induced by γ-ray irradiation. IJROBP 53(3): 735-743.

Ishii Y, Kijima A, Takasu S, Ogawa K, Umemura T (2019) Effects of inhibition of hepatic sulfotransferase activity on renal genotoxicity induced by lucidin-3-O-primeveroside. J Appl Toxicol 39(4): 650-657.

Ishii Y, Nakamura K, Mitsumoto T, et al. (2022) Visualization of the distribution of anthraquinone components from madder roots in rat kidneys by desorption electrospray ionization-time-of-flight mass spectrometry imaging. Food Chem Toxicol 161: 112851.

Jagetia GC, Aggarwal BB (2007) Spicing up of the immune system by curcumin. J Clin Immunol 27: 19-35.

Jayaprakasha GK, Rao LJ, Sakariah KK (2006) Antioxidant activities of curcumin, demethoxycurcumin and bisdemethoxycurcumin. Food Chem 98(4): 720-724.

Jitoe A, Masuda T, Tengah IGP, Suprapta DN, Gara IW, Nakatani N (1992) Antioxidant activity of tropical ginger extracts and analysis of the contained curcuminoids. J Agric Food Chem 40(8): 1337-1340.

Kar F, Hacıoğlu C (2021) Anti-oxidative and apoptotic properties of curcumin as a mechanism of its antineoplastic potential in U251 cells. Biodivers Conserv 14(2): 258-268.

Kawasaki Y, Goda Y, Noguchi H, Yamada T (1994) Identification of adducts formed by reaction of purine bases with a mutagenic anthraquinone, Lucidin: mechanism of

mutagenicity by anthraquinones occurring in Rubiaceae plants, Chem Pharm Bull 42(9): 1971-1973.

Khanna NM (1999) Turmeric Nature's precious gift. Curr Sci 76(10):1351-1356.

Kılıç A (2005) Genotoxic activity of essential oils and monoterpenes studies. Anadolu University, Master Thesis.

Kim S, Gaber MW, Zawaski JA, Zhang F, Richardson M, Zhang XA, Yang Y (2009) The inhibition of glioma growth in vitro and in vivo by a chitosan/ellagic acid composite biomaterial. Biomaterials 30(27): 4743-4751.

Kumar D, Basu S, Parija L, et al. (2016) Curcumin and ellagic acid synergistically induce ROS generation, DNA damage, p53 accumulation and apoptosis in HeLa cervical carcinoma cells. Biomed. Pharmacother 81: 31-37.

Kunnumakkara AB, Guha S, Krishnan S, Diagaradjane P, Gelovani J, Aggarwal BB (2007) Curcumin potentiates antitumor activity of gemcitabine in an orthotopic model of pancreatic cancer through suppression of proliferation, angiogenesis, and inhibition of nuclear factor-κB–regulated gene products. Cancer Res 267(8): 3853-3861.

Labrecque L, Lamy S, Chapus A, et al. (2005) Combined inhibition of PDGF and VEGF receptors by ellagic acid, a dietary-derived phenolic compound. Carcinog 26(4): 821-826.

Larrosa M, Tomás-Barberán FA Espín, JC (2006) The dietary hydrolysable tannin punicalagin releases ellagic acid that induces apoptosis in human colon adenocarcinoma Caco-2 cells by using the mitochondrial pathway. J Nutr Biochem 17(9): 611-625.

Li TM, Chen GW, Su CC, et al. (2005) Ellagic acid induced p53/p21 expression, G1 arrest and apoptosis in human bladder cancer T24 cells. Anticancer Res 25(2A): 971-979.

Losso JN, Bansode RR, Trappey II A, Bawadi HA, Truax R (2004) In vitro anti-proliferative activities of ellagic acid. J Nutr Biochem 15(11): 672-678.

Malik A, Afaq S, Shahid M, Akhtar K, Assiri A (2011) Influence of ellagic acid on prostate cancer cell proliferation: A caspase–dependent pathway. Asian Pac J Trop Med 4(7): 550-555.

Manikandan P, Sumitra M, Aishwarya S, Manohar BM, Lokanadam B, Puvanakrishnan R (2004) Curcumin modulates free radical quenching in myocardial ischaemia in rats. Int J Biochem Cell Biol 36(10): 1967-1980.

Masuda T, Isobe J, Jitoe A, Nakatani N (1992) Antioxidative curcuminoids from rhizomes of *Curcuma xanthorrhiza*. Phytochem 31(10): 3645-3647.

Mohammadi N, Shaghaghi N (2020) Inhibitory effect of eight secondary metabolites from conventional medicinal plants on COVID-19 virus protease by molecular docking analysis. ChemRxiv.

Owolarafe TA, Salawu K, Ihegboro GO, Ononamadu C, Alhassan AJ, Wudil AM (2020) Investigation of cytotoxicity potential of different extracts of *Ziziphus mauritiana* (Lam) leaf *Allium cepa* model. Toxicol Rep 7: 816-821.

Poginsky B, Westendorf J, Blömeke B, et al. (1991) Evaluation of DNA-binding activity of hydroxyanthraquinones occurring in *Rubia tinctorum* L. Carcinog 12(7): 1265-1271.

Prinsloo G, Nogemane N, Street R (2018) The use of plants containing genotoxic carcinogens as foods and medicine. Food Chem Toxicol 116: 27-39.

Rehman MU, Tahir M, Ali F, et al. (2012) Cyclophosphamide-induced nephrotoxicity, genotoxicity, and damage in kidney genomic DNA of Swiss albino mice: the protective effect of Ellagic acid. Mol Cell Biochem 365: 119-127.

Sandur SK, Pandey MK, Sung B, et al. (2007) Curcumin, demethoxycurcumin, bisdemethoxycurcumin, tetrahydrocurcumin and turmerones differentially regulate anti-inflammatory and anti-proliferative responses through a ROS-independent mechanism. Carcinog 28(8): 1765-1773.

Sarvalkar PP, Walvekar MV, Bhopale LP (2011) Antioxidative effect of curcumin (*Curcuma longa*) on lipid peroxidation and lipofuscinogenesis in submandibular gland of D-galactose-induced aging male mice. J Med Plant Res 5(20): 5191-5193.

Seeram NP, Adams LS, Henning SM, et al. (2005) In vitro antiproliferative, apoptotic and antioxidant activities of punicalagin, ellagic acid and a total pomegranate tannin extract are enhanced in combination with other polyphenols as found in pomegranate juice. J Nutr Biochem 16(6): 360-367.

Seeram NP, Lee R, Heber D (2004) Bioavailability of ellagic acid in human plasma after consumption of ellagitannins from pomegranate (*Punica granatum* L.) juice. Clin Chim Acta 348(1-2): 63-68.

Sharma OP (1976) Antioxidant activity of curcumin and related compounds. Biochem Pharmacol 25(15): 1811-1812.

Siddiqui AM, Cui X, Wu R, et al. (2006) The anti-inflammatory effect of curcumin in an experimental model of sepsis is mediated by up-regulation of peroxisome proliferator-activated receptor-γ. Crit Care Med 34(7): 1874-1882.

Singh NP, McCoy MT, Tice RR, Schneider EL (1988) A simple technique for quantitation of low levels of DNA damage in individual cells. Exp Cell Res 175(1): 184-191.

Sudheer AR, Muthukumaran S, Devipriya N, Menon VP (2007) Ellagic acid, a natural polyphenol protects rat peripheral blood lymphocytes against nicotine-induced cellular and DNA damage in vitro: with the comparison of N-acetylcysteine. Toxicology 230(1): 11-21.

Sumanont Y, Murakami Y, Tohda M, Vajragupta O, Watanabe H, Matsumoto K (2006) Prevention of kainic acid-induced changes in nitric oxide level and neuronal cell damage in the rat hippocampus by manganese complexes of curcumin and diacetylcurcumin. Life Sci 78(16): 1884-1891.

Swarnakar S, Ganguly K, Kundu P, Banerjee A, Maity, Sharma AV (2005) Curcumin regulates expression and activity of matrix metalloproteinases 9 and 2 during prevention and healing of indomethacin-induced gastric ulcer. JBC 280(10): 9409-9415.

Şekeroğlu ZA, Şekeroğlu V (2011) Genetic toxicity tests. TÜBAV 4(3): 221-229.

Teixeira RDO, Camparoto ML, Mantovani MS, Vicentini VEP (2003) Assessment of two medicinal plants, *Psidium guajava* L. and *Achillea millefolium* L., in in vitro and in vivo assays. Genet Mol Biol 26: 551-555.

Thresiamma K, George J, Kuttan R (1998) Protective effect of curcumin, ellagic acid and bixin on radiation induced genotoxicity. J Exp Clin Cancer Res 17(4): 431-434.

Toda S, Miyase T, Arichi H, Tanizawa H, Takino Y (1985) Natural antioxidants. III. Antioxidative components isolated from rhizome of *Curcuma longa* L. Chem Pharm Bull 33(4): 1725-1728.

Topal BG, Uğur SG (2021) Uses of curcumin in dentistry. Dent Med J-R 3(3): 15-24.

Türker C (2018) Investigation of the effects of kurkumin reaction on oxidant / antioxidant status of liver daw in adult rats. Burdur Mehmet Akif Ersoy University, Master Thesis.

Umesalma S, Nagendraprabhu P, Sudhandiran G (2015) Ellagic acid inhibits proliferation and induced apoptosis via the Akt signaling pathway in HCT-15 colon adenocarcinoma cells. Mol Cell Biochem 399: 303-313.

Varadkar P, Dubey P, Krishna M, Verma NC (2001) Modulation of radiation-induced protein kinase C activity by phenolics. J Radiol Prot 21(4): 361.

Westendorf J, Poginsky B, Marquard H, Groth G, Marquardt H (1988) The genotoxicity of lucidin, a natural component of *Rubia tinctorum* L., and lucidinethylether, a component of ethanolic *Rubia* extracts. Cell Biol Toxicol 4: 225-239.

Yasui Y, Takeda N (1983) Identification of a mutagenic substance, in *Rubia tinctorum* L. (madder) root, as lucidin. Mutat Res Lett 121(3-4): 185-190.

Yockey OP, Jha V, Ghodke PP, et al. (2017) Mechanism of error-free DNA replication past lucidin-derived DNA damage by human DNA polymerase κ. Chem Res Toxicol 30(11): 2023-2032.

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

KURKUMİN KAPLI AG NANOPARTİKÜLLERİNİN ANTİKANSER AKTİVİTELERİNİN BELİRLENMESİ

Dr. Tuğba ATICI
T.C Milli Eğitim Bakanlığı,
asel_msn@hotmail.com- ORCID: 0000-0002-4798-935X

Assoc. Prof. Dr. Deniz ALTUN ÇOLAK
Erzincan Binali Yıldırım Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Biyoloji Bölümü,
daltun@erzincan.edu.tr- ORCID: 0000-0002-3576-0355

ÖZET

Kanser hücrelerin kontrolsüz çoğalması sonucunda oluşan, klinik görünümleri ve tedavileri birbirinden farklı olan hastalıklar grubudur. Kansere bağlı ölümlerde, akciğer kanserinden sonra ikinci sırada meme kanseri yer almaktadır. Kanser kişilerde sosyal, ruhsal ve fiziksel sorunlara yol açarken bir yandan da tedavinin pahalılığı sosyoekonomik sorunları ortaya çıkarmaktadır. Bu açıdan bakıldığında kanser bir toplum sorunudur. Kanserle mücadelenin temel önceliği hastalığın tedavi ve önlenmesini büyük ölçüde iyileştirmek için yeni mekanizmalar keşfetmek ve geliştirmektir. Kanser tedavisinde kullanılan yöntemlerin yüksek maliyeti ve endişe verici yan etkilerinden dolayı son yıllarda doğal ve bitkisel alternatiflere karşı artan bir ilgi vardır. Kanser tedavisinde nanoteknolojiye bağlı olarak kullanılan uygulamalar da çok düşük yan etkiler ve yüksek özgünlükleri ile son yıllarda oldukça yoğun ilgi çekmektedir. Özellikle tıbbi bitkilerden sentezlenerek elde edilen nanopartiküller antimikrobiyal, antioksidan ve antikanser etkileri nedeniyle dikkatleri üzerine toplamaktadır. Bu noktadan hareketle gerçekleştirilen çalışmada, kurkumin ile kaplanmış Ag nanopartiküllerinin (Cur-AgNP) insan meme kanser hücre hattı olan MDA-MB-231 hücreleri üzerindeki antioksidan ve antikanser etkileri araştırılmıştır. MTT testi sonucunda Cur-AgNP bileşiğinin konsantrasyon artışına bağlı olarak hücre canlılığında azalmaya neden olduğu görülmüştür. Bu azalmaların istatiksel olarak anlamlı olduğu bulunmuştur.

Anahtar Kelimeler: Gümüş nanopartikülleri, Kurkumin, Meme Kanseri, Sitotoksisite

1. GİRİŞ

Kanser, vücutta bir hücrenin farklılaşarak kontrolsüz bir şekilde çoğalmasıdır. Bu durum kromozomal, genetik ya da epigenetik değişiklikler sonucunda oluşan bir süreçtir. Kanser; hücre bölünmesi, hücre farklılaşması, apoptoz ve DNA tamiri gibi temel hücresel işlevleri de etkileyen bir hastalıktır (Lodish vd., 2000). Kanser ortaya çıkma yaşı,

yayılımı, evresi ve tedavilere verdiği yanıtlara göre çeşitlilik göstermektedir. Bununla birlikte tüm kanser tipleri, moleküler olarak ortak karakteristik özelliklere sahiptir.

Dünya genelinde kanser önemli bir sağlık problemidir. Dünya Sağlık Örgütü'nün alt kuruluşlarından Uluslararası Kanser Araştırma Ajansı'nın (IARC) bir parçası olan GLOBOCAN, dünya genelinde tüm kanser türleri için istatistiki verileri sağlamaktadır. Bu veriler doğrultusunda 2020 yılında 50,6 milyon kanser vakasının bulunduğu, yeni vaka sayısının (insidans) 19,3 milyon olduğu ve kanser sebebiyle 10 milyon kişinin hayatını kaybettiği bildirilmiştir (GLOBOCAN, 2020). 2040 yılına dek insidans oranının 30,2 milyon olacağı ve bir yılda 16,3 milyon kanser ölümünün gerçekleşeceği tahmin edilmektedir (GLOBOCAN, 2020). Bu verilere bakıldığında kanser türleri içinde en yaygın olanı meme kanseri olup (yeni vakaların %11,7'si), meme kanserini akciğer kanseri (%11,4), kolorektal kanser (%10,0), prostat kanseri (%7,3) ve mide kanseri (%5,6) izlemektedir. Cinsiyete göre bakıldığında ise erkeklerde ilk sırada akciğer kanseri gelmektedir. İnsidans sıralamasında ise akciğer kanserini, prostat kanseri ve kolorektal kanser izlemektedir. Kadınlarda en sık tanı konulan ve kansere bağlı ölümlerin başlıca sebebi meme kanseridir. Kolorektal kanser ve akciğer kanseri ise insidans sıralamasında meme kanserinden sonra gelmektedir (GLOBOCAN, 2020).

Özdoğan (2022) istatistiklerine göre Türkiye nüfusu 2020 yılında 84.339.067 iken, yıllık yeni kanser vaka sayısının 233.834 ve kansere bağlı yaşam kaybı sayısının 126.335 olduğu bildirilmiştir. 2020 yılında ülkemizde akciğer kanseri, meme kanseri, kolorektal (kalın bağırsak) kanser, prostat kanseri ve tiroit kanseri en sık görülen ilk beş kanser türleridir. Yine Özdoğan (2022)'ye göre kadınlarda en çok görülen ilk beş kanser türü meme kanseri, tiroit kanseri, kolorektal kanser, akciğer kanseri ve rahim kanseriyken erkeklerde bu sıralama akciğer kanseri, prostat kanseri, kolorektal kanser, mesane kanseri ve mide kanseri şeklindedir.

Kanser sürecinde, hücrelerin çok hızlı çoğalması ve bu çoğalmaya karşılık hücre kaybının olmaması nedeniyle hücreler birikip tümör adı verilen yapıları oluşturmaktadır. Kanserleşme hem hücrelerdeki genetik mutasyonlardan hem de bağışıklık sisteminin bu hücreleri tanıma ve yok etme noktasındaki yetersizliğinden kaynaklanmaktadır (Yılmaz ve Altunok, 2011). Mutasyona uğramış tek bir hücrenin çoğalmasıyla ortaya çıkan ilk tümör iyi huylu (benign) tümör olarak adlandırılıp bu tümörlerin yayılma yetenekleri bulunmamaktadır. İlerleyen süreçte başka dokulara yayılabilme yeteneği kazanan (metastaz) tümörlere ise kötü huylu (malign) tümör denir (Clark, 1991; Alberts vd., 2002; Yokota ve Kohno, 2004). Tüm malign tümörler kanser olarak nitelendirilir.

Hücrelerde gen hasarlarına sebep olarak kanserleşme sürecine zemin hazırlayan maddelere karsinojen denilmektedir. Kansere sebep olan etmenler fiziksel (UV, güneş ışınları, radyasyon vb.), kimyasal (nitrozaminler, alkol, sigara vb.) ve biyolojik (hormonal bozukluklar, virüsler, genetik yatkınlık, mutasyonlar vb.) olarak sınıflandırılabilirler (Clavel, 2007). HSGM (2017)'ye göre kanser kaynaklı ölümlerin üçte birini tütün kullanımı, aşırı kilo, sebze ve meyve tüketiminin az olması, yetersiz fiziksel aktivite ve

alkol tüketimi olmak üzere beş risk faktörü oluşturmaktadır. Kanserdeki en önemli risk faktörü tütün kullanımı olup kanserden kaynaklanan ölümlerin %22'sini oluşturmaktadır (WHO, 2019).

Kanser tedavisinde tümörün organizmadaki konumuna ve evresine bağlı olarak cerrahi, kemoterapi, radyoterapi, immünoterapi ve gen terapisi gibi birçok yönteme başvurulmaktadır. Tedavide öncelikli amaç, tümör hücrelerinin sağlıklı çevre dokuya minimum derecede hasar vererek öldürülmesidir. Tümörün ilaçla tedavi edilmesi anlamına gelen kemoterapi en sık kullanılan yöntemdir. Bütün bu yöntemlerin tedavi edici yönlerinin yanı sıra dezavantajları da bulunmaktadır. Ayrıca bu tedavi yöntemleri için, uzun zaman ve yüksek maliyet gerekmektedir (Cai vd., 2015).

Kanser kişilerde sosyal, ruhsal ve fiziksel sorunlara yol açarken bir yandan da tedavinin pahalılığı sosyoekonomik sorunları ortaya çıkarmaktadır. Bu açıdan bakıldığında kanser bir toplum sorunudur. Kanserle mücadelenin temel önceliği hastalığın tedavi ve önlenmesini büyük ölçüde iyileştirmek için yeni mekanizmalar keşfetmek ve geliştirmektir. Bundan dolayı araştırmalar daha az yan etki riskine sahip doğal ve bitkisel ürünlere çevrilmiştir (Tekin vd., 2012). Yapılan laboratuar araştırmaları, çeşitli biyoanaliz ve hayvan modellerinde doğal bitkisel ekstre ve bileşiklerin antikanser potansiyele sahip olduğunu göstermiştir (Balachandran ve Govindarajan, 2005; Gullett vd., 2010; Sung vd., 2012; Majdalawieh vd., 2017). 1950'lerden bu yana bitkisel ajanlar kullanılarak yapılan antikanser ilaç araştırmaları sonucunda sitotoksik etki gösteren birçok tür keşfedilmiştir. Kurkumin (Cur), halk arasında "zerdeçal, zerdeçöp, sarı boya veya safran kökü" olarak bilinen Zingiberaceae familyasının önemli üyelerinden çok yıllık, büyük yapraklı ve sarı renkli *Curcuma longa L.*'nin en aktif bileşeni olan bir polifenoldür. Birçok ülkede yaklaşık olarak 6000 yıldır geleneksel tıp alanında kullanılmakta olup gıda sanayinde baharat ve çay olarak ta tüketilmektedir (Ammon ve Wahl, 1991; Erarslan, 2021; Ekici, 2022). Yapılan çalışmalarda *Curcuma longa* L. bitkisinden elde edilen kurkuminin, güçlü antioksidan, antibakteriyal, antikanserojen ve antimutajenik etki göstererek pek çok hastalığın tedavisinde kullanıldığı belirtilmiştir (Sharma, 1976; Toda vd., 1985; Jitoe vd., 1992; Masuda vd., 1992; Jayaprakasha vd., 2006; Kunnumakkara vd., 2007; Sarvalkar vd., 2011). Kurkumin; antikanser aktiviteye sahip olması, molekül ağırlığının düşük olması ve toksisitesinin olmaması sebebiyle potansiyel kemoterapötik ilaçların geliştirilmesinde ideal bir moleküldür.

Kanser tedavisinde nanoteknolojiye bağlı olarak kullanılan uygulamalar çok düşük yan etkiler ve yüksek özgünlükleri ile son yıllarda oldukça yoğun ilgi çekmektedir. Nanopartiküllerin üretiminde şimdiye kadar kullanılan fiziksel ve kimyasal metotlarda istenilen boyutlarda nanoparçacık üretilememesi, sürecin uzun sürede gerçekleşmesi, partikül kararlılıklarının iyi olmaması ve işlemlerin pahalı olması gibi nedenlerden dolayı daha yeni yöntemlere yönelim olmuştur. Araştırmalar sonucunda çevre dostu, toksik etkisi daha az ve doğadaki canlılar kullanılarak nanopartikül sentezi esasına dayanan "Yeşil Nanoteknoloji" terimi ortaya çıkmıştır. Yeşil nanoteknoloji metodu, insan sağlığına zararlı olmayan, kolay uygulanabilir ve atık ürün problemini azaltan bir

yöntemdir (Duncan, 2011). Metal nanoparçacıklar bu yöntem sayesinde bakteriler, algler ve bitkiler kullanılarak diğer yöntemlere göre daha ucuz ve kolaylıkla üretilebilmektedir. Son yıllarda bitki özütleri kullanılarak yeşil sentez yoluyla elde edilen nanopartiküller, antimikrobiyal, antioksidan, antikanser etkileri nedeniyle dikkat çekmekte ve sağlık alanında kullanılmaktadırlar (Nematollahi, 2015; Nikam vd., 2019; Souza vd., 2019). Gümüş nanopartikülleri, kimyasal kararlılıkları, iyi iletkenlik özellikleri, antibakteriyel, antiviral ve antifungal gibi etkilerinden dolayı nanoteknoloji alanında önemli bir ürün olup çeşitli kanser hücrelerine karşı umut verici antikanser aktiviteler göstermektedir (Klaus-Joerger, 2001).

Kanser tedavisinde daha etkili sonuçlar almak için ya da ilaca karşı direnç geliştirmiş hücrelerde ilaç etkinliğini artırmak amacıyla başka bir ajanla kombine edilerek yapılan çalışmalar oldukça yaygındır. Bu doğrultuda hazırlanan çalışmada, kurkumin kaplı Ag nanopartiküllerinin (Cur-AgNP) MDA-MB-231 insan meme kanser hücre hatları üzerindeki antikanser etkileri araştırılmıştır.

2. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

2.1. Kullanılan Hücre Hattı

MDA-MB-231 agresif ve yayılmacı üçlü negatif meme kanseri hücre hattıdır. Üçlü negatif meme kanseri, sınırlı tedavi seçeneklerine sahip bir kanser formu olup bu özellik yeni ve etkili ilaçların geliştirilmesi için önem arz etmektedir (Chavez vd., 2010).

2.2. MDA-MB-231 Hücreleri için Besiyeri Hazırlanması

500 mL RPMI 1640 (Roswell Park Memorial Institute Medium) besiyerinin üzerine, %10 oranında steril FBS (fetal bovine serum) den 50 mL eklenmiştir. Kullanım açısından kolaylık sağlamak için besiyeri 50 mL'lik falkonlara paylaştırılıp kullanım esnasında her falkona 500 µL penisilin-streptomisin ve 500 µL L-glutamin eklenmiştir. Besiyerleri +4ºC'de muhafaza edilmiştir.

2.3. Cur-AgNP Bileşiğinin Hazırlanması

Kurkumin ile kaplanmış gümüş nanopartiküller (Cur-AgNP) oda sıcaklığında basit bir ultrasonik yöntem ile hazırlanmıştır. Öncelikle 7 mg kurkumin 10 mL santrifüj tüpüne alınıp az miktarda DMSO ile çözünmüştür. Daha sonra 2 mL 20mM'lık sodyum hidroksit çözeltisi eklenip deiyonize su ile 10 mL'ye tamamlanmıştır. Bu çözeltiden 3 mL alınarak 40 mL 0,05 mM'lık gümüş nitrat çözeltisine eklenmiş ve 30 dakika ultrasonik su banyosunda rengi sarımsı yeşile dönene kadar çalkalanmıştır. Daha sonra, elde edilen ürün santrifüj ile toplanmış ve kurutulmuştur. Bu yöntemde organik bir çözücü kullanılmadığı için kurkumin hem indirgeyici rol oynamakta hem de kaplama maddesi olarak kullanılmaktadır. Literatür taraması yapılarak Cur-AgNP bileşiği için 25, 50 ve 100 µg/mL olacak şekilde dozlar belirlenmiştir.

2.4. Cur-AgNP Bileşiğinin Karakterizasyonu

Cur-AgNP bileşiğinin fizikokimyasal özellikleri TEM (Transmission Electron Microscope), UV-Vis spektroskobisi, FT-IR (Fourier Transform Infrared) ve XRD (X-ray Diffraction) kullanılarak karakterize edilmiştir.

2.5. MTT Testi

MTT yöntemi, hücrelerdeki mitokondriyel dehidrogenaz enzim aktivitesinin kolorimetrik ölçümüne dayanmaktadır. Yaşayan hücrelerde enzim aktivitesi bulunurken ölü hücrelerde ise bulunmamaktadır. Mitokondriyel dehidrogenaz enziminin varlığı MTT (3-(4,5-dimetiltiyazol -2)-2,5-difenil tetrazolyum bromid) maddesini değişime uğratır. Sarı renkli suda çözünebilen tetrazolium tuzu olan MTT, canlı hücreler tarafından alınarak mitokondriyel süksinat dehidrogenaz enzimleri sayesinde koyu mavi-mor renkli formazan kristallerine dönüştürülür. MTT sonucunda canlı hücreler mavi-mor renkte boyanırken ölü hücreler ise boyanmamaktadır.

MTT testi için, MDA-MB-231 hücreleri sayılarak 96'lık plakalara her bir kuyuya 100 µL besiyeri içerisinde $7{,}5\times10^3$ hücre olacak şekilde ekim yapılmıştır. 24 saat inkübasyon süresi sonunda hücrelere Cur-AgNP (25, 50 ve 100 µg/mL) uygulaması yapılmıştır. Deneylerde negatif kontrol (maksimum canlılık) için ayrılan kuyulara sadece besiyeri ortamına ekilen hücreler kullanılırken kör için ise sadece 200 µL besiyeri eklenmiştir. 24 ve 48 saatlik uygulamalar için hücreler 37°C, %5 CO_2'li ortamda inkübasyona bırakılmıştır. MTT uygulaması MTT Roche deney kit prosedürüne göre gerçekleştirilmiş olup canlılık oranı şu şekilde hesaplanmıştır:

%Canlılık= [100× (Bileşik ile muamele edilen hücre absorbansı ortalaması-kör ortalama)/ (Kontrol hücre absorbansı ortalaması-kör ortalama)]

2.6. İstatiksel Analiz

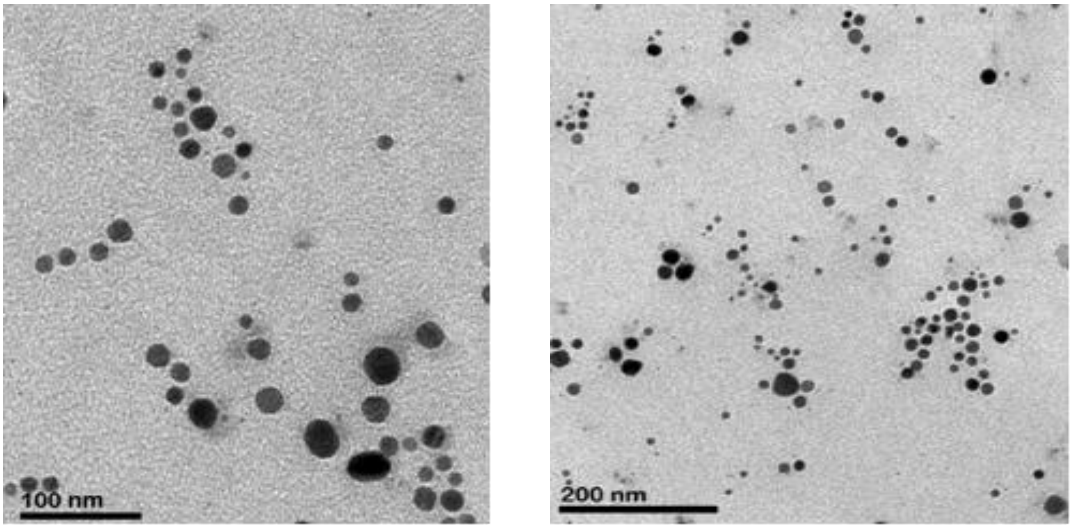
Verilerin istatistiksel analizi IBM SPSS Statistics software (SPSS v22) hazır paket programı kullanılarak yapılmıştır. Cur-AgNP bileşiğinin tüm konsantrasyonlarının sitotoksite ve canlı hücre yüzdeleri ortalama±standart hata tablosu ile değerlendirilmiştir. MTT sitotoksisite testi değerlerine ait sonuçların istatistiksel analizi normal dağılıma uygunluğuna göre, tek yönlü ANOVA (One-Way ANOVA) kullanılarak yapılmıştır. İstatistiksel değerlendirmeler yapılırken p değeri 0,001 olarak alınmıştır.

3. SONUÇLAR VE DEĞERLENDİRME

3.1. Karakterizasyon Bulguları

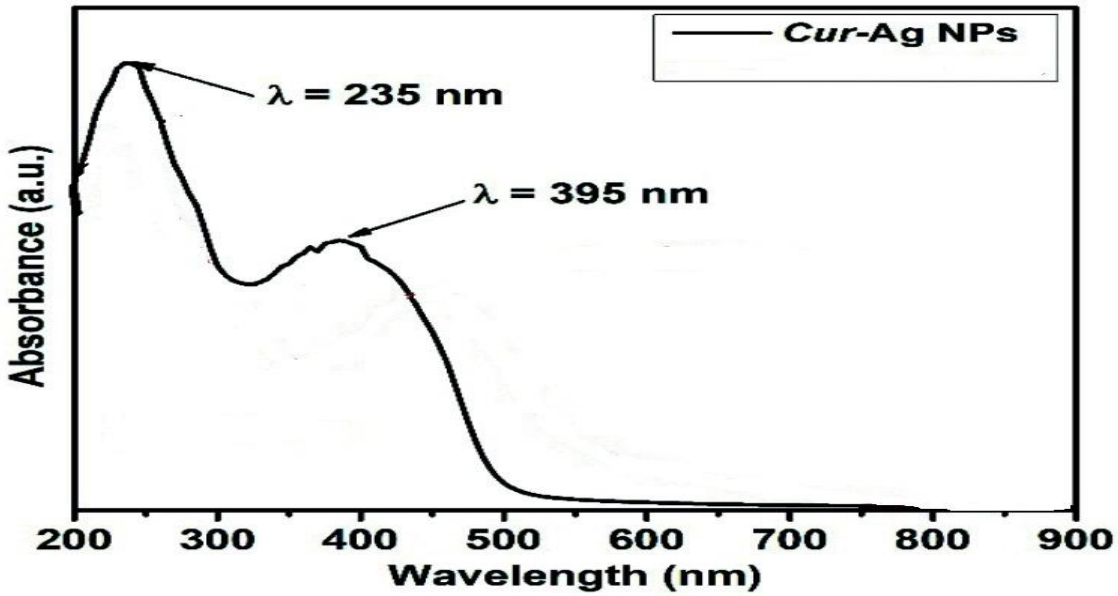
Cur-AgNP'ler için boyut ve şekil gibi morfolojik özelliklere ait TEM görüntüleri küresel şeklin baskın olduğunu göstermektedir (Bkz. Görsel 1). TEM görüntülerinden elde edilen ortalama parçacık boyutu ise 15±5 nm civarındadır.

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



Görsel 1. Cur-Ag nanopartiküllerinin farklı büyütme oranlarında (100 ve 200 nm) TEM görüntüleri

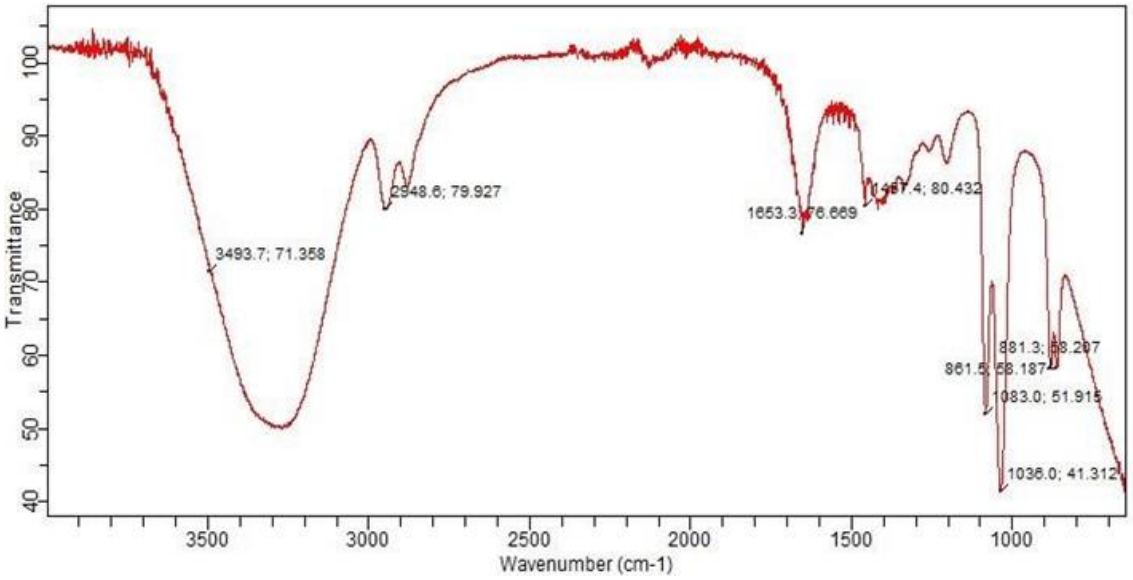
Cur- Ag nanopartiküllerinin optik özellikleri UV-Vis absorpsiyon spektrumu ile gözlemlenmiştir. Buna göre Cur-Ag NP'ler 395 nm'de tek bir geniş yüzey plazmon bandı sergilemiştir (Bkz. Görsel 2).



Görsel 2. Cur- AgNP için Uv-Vis Absorpsiyon Spektrumu

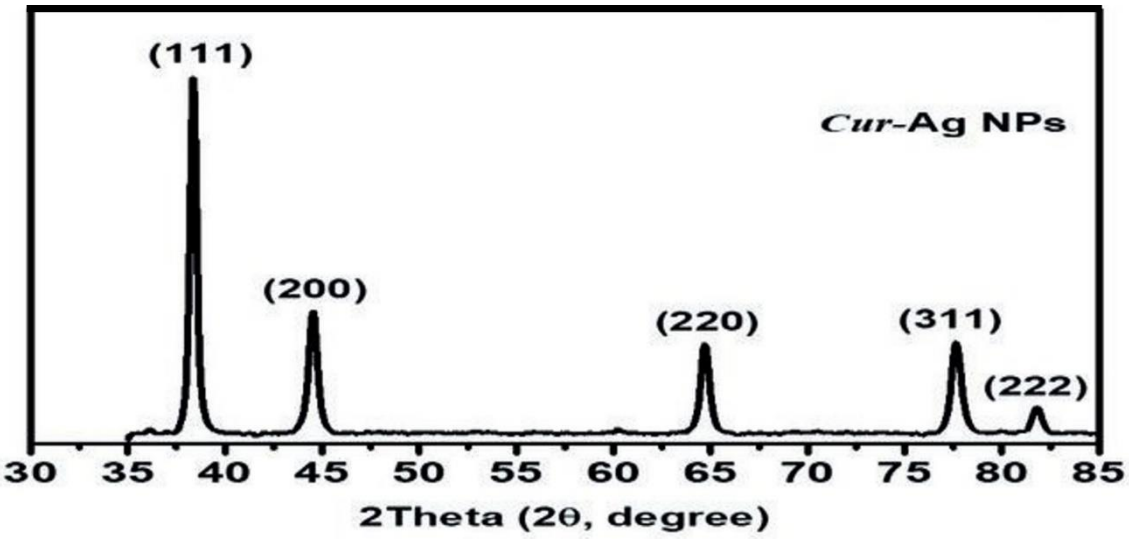
Cur-Ag NP'lerin yüzey özellikleri ise FT-IR analizleri ile belirlenmiştir. Cur-AgNP'lerin FT-IR analizinde 3493, 2948, 1653, 1451, 1083 ve 1036 cm-1'de karakteristik pikler gözlenmiştir (Bkz. Görsel 3).

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



Görsel 3. Cur- AgNP için FT-IR Spektrumu

Cur-AgNP'lerin kristalografik yapısı ise Görsel 4'de gösterildiği gibi XRD ölçümleriyle incelenmiştir. Cur-AgNP'ler sırasıyla 2θ= 38.27, 44.47, 64.71, 77.73 ve 81.9 değerlerinde beş belirgin özellik sergilemektedir (Bkz. Görsel 4).



Şekil 4. Cur- AgNP için XRD Deseni

3.2. MTT Testi Bulguları

MDA-MB 231 hücre hattı için Cur-AgNP uygulaması sonucu elde edilen veriler CompuSyn programı ile analiz edilerek IC_{50} değerleri hesaplanmıştır (Bkz.Çizelge 1).

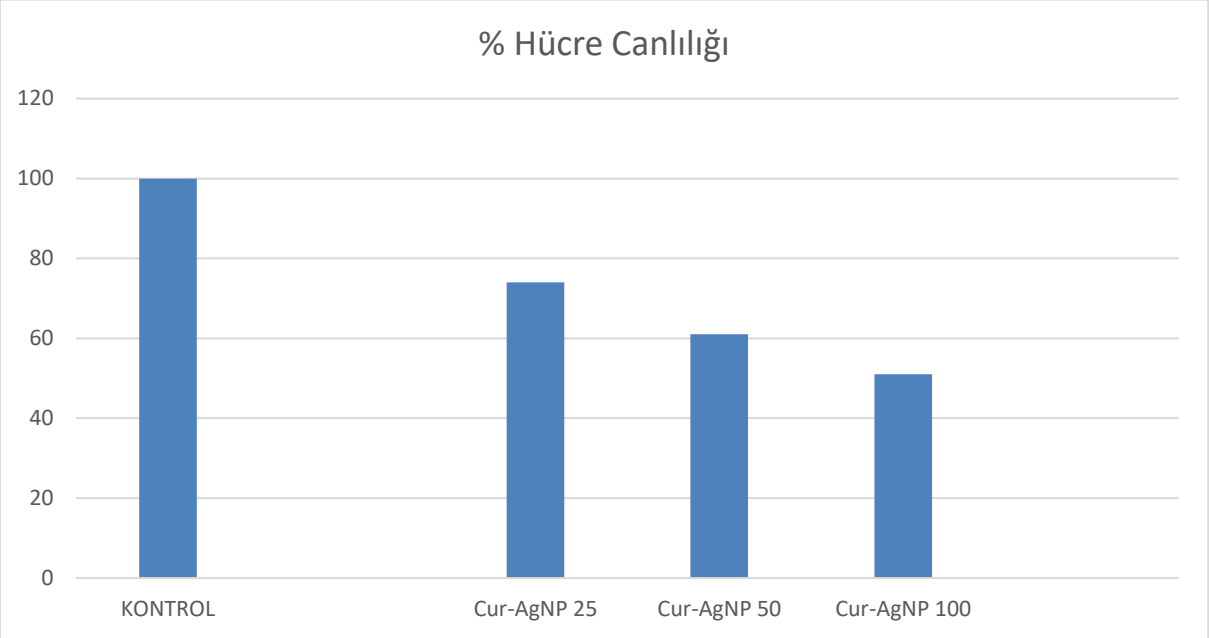
Çizelge 1. MDA-MB 231 hücre hattı için Cur-AgNP uygulaması sonucu elde edilen IC_{50} değerleri

Süre (saat)	Hücre	Cur-AgNP (µg/mL)

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

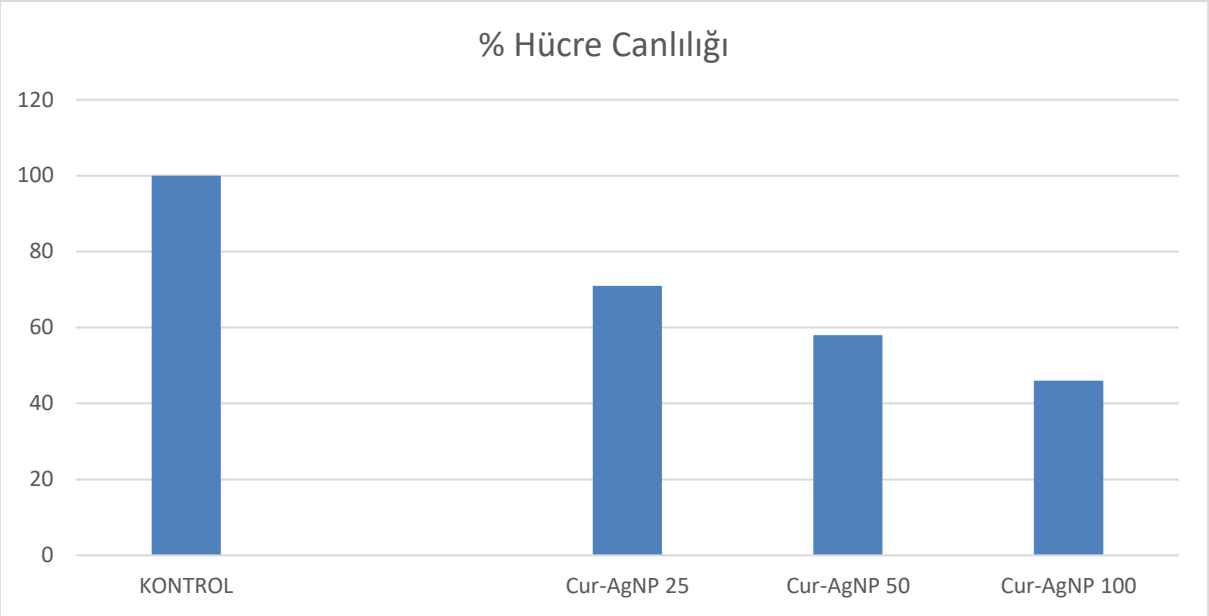
24	MDA-MB-231	>100
48	MDA-MB-231	84,25±0,47

MDA-MB-231 hücre hattında Cur-AgNP bileşiğinin 24 saat boyunca 25, 50 ve 100 µg/mL dozlarda uygulanması sonucunda ortaya çıkan canlılık oranları sırasıyla %74,32±0,02, %61,57±0,98 ve %51,25±0,16 çıkmıştır. Bu sonuçlar kontrol grubuna kıyasla istatistiksel olarak anlamlıdır ($p<0,001$) (Bkz. Görsel 5).



Görsel 5. MDA-MB-231 hücrelerine Cur-AgNP uygulaması sonucunda hücre canlılığının 24 saat sürede doza bağlı değişimi

MDA-MB-231 hücre hattında Cur-AgNP bileşiğinin 48 saat boyunca 25, 50 ve 100 µg/mL dozlarda uygulanması sonucunda ortaya çıkan canlılık oranları sırasıyla %71,12±0,25, %58,49±0,52 ve %46,13±0,74 çıkmıştır. Bu sonuçlar kontrol grubuna kıyasla istatistiksel olarak anlamlıdır ($p<0,001$) (Bkz. Görsel 6).



Görsel 6. MDA-MB-231 hücrelerine Cur-AgNP uygulaması sonucunda hücre canlılığının 48 saat sürede doza bağlı değişimi

4. GENEL DEĞERLENDİRME VE SONUÇLAR

Özellikle gelişmiş ülkeler olmak üzere dünyada yaşanan tüm ölümler içerisinde kanserin payı oldukça büyüktür ve bu pay giderek artmaktadır. Kanser vakalarının sayısı arttıkça yeni teşhis ve tedavi yöntemlerine duyulan ihtiyaç başta bitkisel tıp, akupunktur gibi alternatif tedavi yöntemlerinin ortaya çıkmasına neden olmuştur. Geliştirilen yeni tedavilerin klasik tedaviler ile uyumlarının test edilmesi, yan etkilerinin belirlenmesi ve oluşturabilecekleri istenmeyen etkilerden kaçınılması son derece önemlidir. Son yıllarda bu konulara yönelik yoğun çalışmalar ile bitkisel tedavi yöntemleri araştırılmakta ve tedaviye faydalı olabilecek etkin madde içerikleri değerlendirilmektedir (Pecere vd., 2000; Kuo vd., 2002; Pecere vd., 2003).

Birçok bitkisel üründe olduğu gibi kurkuminin de geniş biyolojik spektruma sahip ve toksik olmayan güçlü bir antioksidan olduğu bilinmektedir (Topal ve Uğur, 2021). Kurkuminin antienflamatuvar, antimikrobiyal, antidiyabetik, antibakteriyal ve antioksidan özelliklerinden dolayı tedavi edici ve sitotoksik etkilerinin belirlenmesi amacıyla yapılmış birçok çalışma bulunmaktadır (Ekici, 2022). Fare ve ratlar üzerinde yapılan çalışmalarda kurkuminin antioksidan özelliğinden dolayı koruyucu etki göstererek beyin, mide ve karaciğer dokularında lipit peroksidasyonunu ve protein oksidasyonunu engellediği tespit edilmiştir (Manikahdah vd., 2004; Siddiqui vd., 2006). Başka bir çalışmada, kurkuminin antioksidan özellikleri sayesinde insan embriyonik böbrek hücrelerinde (HEK293) proliferasyonu artırmak suretiyle toksisiteyi azalttığı ifade edilmiştir (Kurt vd., 2020). Fenolik bir bileşik olan kurkuminin Covid-19 proteazına karşı güçlü bir inhibitör aktiviteye sahip olduğu ve bununla birlikte Covid-19 antiproteaz ilacı olarak kabul edilebileceği de belirtilmiştir (Mohammadi ve Shaghaghi, 2020). Beyin ve meme gibi kanserli hücre hatlarında farklı dozlarda uygulanan kurkuminin hücre

proliferasyonunu azaltarak apoptozu indüklediği gösterilmiştir (Bektur Aykanat ve Kaçar, 2021; Kar ve Hacıoğlu, 2021). Gianfredi vd., (2017) MDA-MB-231 hücre hattında yaptıkları araştırmalarda kurkuminin hücre döngüsünün durmasını kolaylaştırdığını ve apoptozu indükleyerek antikanser etkiler gösterdiğini bildirmişlerdir. Yang vd., (2007) kurkuminin oral biyoyararlanımının %1 civarında olduğunu göstermişler, bu nedenle de herhangi bir yararlı sonuç elde etmek için çok yüksek dozlarda kurkumin (3600 ila 12.000 miligram) gerektiğini bildirmişlerdir. He vd., (2015) kurkuminin kan dolaşımına zayıf bir şekilde emildiğini ve kurkuminin tüm etkilerinden faydalanabilmek için biyoyararlanımının iyileştirilmesi gerektiğini belirtmişlerdir. Kemoterapi tedavisi alan meme kanserli kişilere tedaviye yardımcı ve kemoterapinin yan etkilerini azaltıcı olarak kurkumin takviyesi verilmesinin sağlıklı hücrelere herhangi bir toksik etkisinin olmadığı, sadece kanser hücrelerini hedeflediği yapılan deneylerle gösterilmiştir (Ayati vd., 2019).

Munusamy vd., (2015) yaptıkları çalışmada, *Solanum trilobatum* bitkisinin olgunlaşmamış meyvelerini kullanarak sentezledikleri AgNP'lerin antikanser aktivitelerini belirlemek için MCF-7 hücre hattı ile MTT yöntemini kullanmışlardır. Sonuç olarak, sentezlenmiş AgNP'lerin antikanser özelliği olduğunu göstermişlerdir. Kumar vd., (2018) yaptıkları çalışmada, *Hydnocarpus pentandra* yaprak ekstraktı kullanarak yeşil sentez yöntemiyle AgNP sentezlemişlerdir. AgNP'lerin antioksidan aktivitesini DPPH yöntemi ile test edip doza bağlı olarak antioksidan aktivite gösterdiklerini belirtmişlerdir. Bitkiler aracılığı ile üretilen AgNP' ler kan dolaşımındaki hücre döngüsünü ve enzimleri düzenler (Alt vd., 2004). Suman vd., (2013) yaptıkları çalışma da AgNP' lerin yeşil sentezinin HeLa hücre hattında diğer kimyasal bazlı sentetik ilaçlara kıyasla önemli bir sitotoksik etki sergilediğini bildirmişlerdir. Franco molina vd., (2010) ise çalışmalarında kolloidal gümüşün MCF-7 meme kanseri hücre hattında apoptozun indüklenmesi yoluyla antitümör aktivitesine sahip olduğunu göstermiş ve kolloidal gümüşün insan meme kanseri tedavisi için potansiyel bir alternatif ajan olabileceğini belirtmiştir.

Çalışmamızda elde ettiğimiz bulgular literatürle örtüşmektedir. Cur-AgNP bileşiğinin MDA-MB-231 meme kanseri hücre hatlarında tüm dozlarda (25, 50 ve 100 µg/mL) sitotoksik etki gösterdiği MTT yöntemiyle saptanmıştır. Bulgularımızda elde edilen önemli verilerden biri de Ag naopartiküllerinin kurkumin ile kaplanmasının kurkuminin sitotoksik aktivitesini arttırması olmuştur. Daha önce Aykaç (2021) tarafından yapılan bir çalışmada kurkuminin MDA-MB-231 hücre hattı üzerindeki sitotoksik etkisi incelenmiş olup 24 saatlik 100µM kurkumin uygulamasının proliferasyonu yaklaşık %35 oranında azalttığı saptanmıştır. Bizim elde ettiğimiz verilere göre ise 24 saatlik 100 µg/mL Cur-AgNP uygulaması sonucunda MDA-MB-231 hücre hatlarında %50'ye yakın hücre ölümü saptanmıştır.

Cur-AgNP bileşiğinin MDA-MB-231 meme kanseri hücre hattında antikanser aktivitesine ilişkin literatür bilgisi bulunmamaktadır. Bu açıdan çalışmamız çözümü bulunmaya çalışılan kanser hastalığı için bitkisel alternatif imkânı sağlamak adına yapılan literatür araştırmalarına destek olmaktadır. Yapılan çalışma AgNP'lerin kanser tedavisi

için alternatif tıp olarak kabul edilebileceğini göstermiştir. Bunun yanı sıra daha fazla bitki ile AgNP komplekslerinin incelenmesi potansiyel bir antioksidan ve sitotoksik aktivite araştırmaları için önemlidir. Sonuç olarak, Cur-Ag nanopartikülleri antimikrobiyal, anti-biyofilm, antioksidan ve antikanser uygulamalarında önemli potansiyele sahip çok yönlü bir platform sunmaktadır. Bununla birlikte, sentezlerini optimize etmek, etki mekanizmalarını anlamak ve klinik kullanım için güvenliklerini sağlamak için daha fazla çalışma yapılması gerekmektedir.

TEŞEKKÜR

Bu çalışma, "Erzincan Binali Yıldırım Üniversitesi Rektörlüğü Bilimsel Araştırma Projeleri (BAP) Birimi tarafından desteklenen FBA-2024-947 nolu projenin bir bölümüdür.

KAYNAKÇA

Alberts, B., Johnson, A., Lewis, J., Raff, M., Roberts, K. & Walter, P., *Molecular Biology of The Cell***,** 4th ed., New York, 1314, 2002.

Alt, V., Bechert, T., Steinrücke, P., Wagener, M., Seidel, P., Dingeldein, E., Domann, E. ve Schnettler, R. An *in vitro* Assessment of The Antibacterial Properties And Cytotoxicity of Nanoparticulate Silver Bone Cement, Biomaterials, 25(18), 4383-4391, 2004.

Ammon, H.P., Wahl, M.A. Pharmacology of *Curcuma longa*, Planta Medica**,** 57(1), 1-7, 1991.

Ayati, Z., Ramezani, M., Amiri, M. S., Moghadam, A. T., Rahimi, H., Abdollahzade, A., Emami, S. A. Ethnobotany, Phytochemistry and Traditional Uses of *Curcuma Spp*. And Pharmacological Profile Of Two Important Species (*C. longa* and *C. zedoaria*): A Review, Current Pharmaceutical Design**,** 25(8), 871-935, 2019.

Aykaç, A., *Meme Kanseri Hücre Dizisi Üzerinde (MDA-MB-231) Kurkumin ve Metotreksatın Antiproliferatif ve Apoptotik Etkilerinin Araştırılması,* Yüksek Lisans Tezi, Adnan Menderes Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Aydın, 2021.

Balachandran, P., Govindarajan, R. Cancer: An Ayurvedic Perspective, Pharmacology Research, 51, 19- 30, 2005.

Bektur Aykanat, N.E., Kaçar, S. T-47D Meme Kanseri Hücreleri Üzerinde Kurkuminin Doza Bağımlı Etkisinin İncelenmesi, Journal of Uludağ University Medical Faculty**,** 47(2), 241-245, 2021.

Cai, Y., Ma, W., Huang, X., Cao, L., Li, H., Jiang, Y., Lu, N., Yin, Y. Effect Of Survivin On Tumor Growth Of Colorectal Cancer *in vivo*, International Journal of Clinica and Experimental Pathology**,** 8 (10), 13267-13272, 2015.

Chavez, K. J., Garimella, S. V., Lipkowitz, S. Triple Negative Breast Cancer Cell Lines: One Tool in The Search For Better Treatment of Triple Negative Breast Cancer, Breast Disease, 32 (1- 2), 35, 2010.

Clark, W. H. Tumour Progression and The Nature of Cancer, British Journal of Cancer**,** 64 (4), 631- 644, 1991.

Clavel, J. Progress in The Epidemiological Understanding of Gene-Environment Interactions In Major Diseases: Cancer, Comptes Rendus Biologies, 330 (4), 306-317, 2007.

Duncan, T.V. Applications of Nanotechnology in Food Packaging and Food Safety: Barrier Materials, Antimicrobials and Sensors, Journal of Colloid and Interface Science, 363(1), 1-24, 2011.

Ekici, S., *Yüksek Glukoz Konsantrasyonuna Maruz Bırakılmış Ligamentum Periodontale Hücre Hattı Üzerine Curcumin'in Koruyucu Etkisi,* Doktora Tezi, Pamukkale Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü**,** Denizli, 2022.

Erarslan, A. S., *Asetik Asitle Oluşturulmuş Deneysel Ülseratif Kolit Modelinde Curcumin ve Vitamin D'nin Ayrı Ayrı Bağırsak Geçirgenliğinde Olası Koruyucu ve Tedavi Edici Etkilerinin Araştırılması*, Yüksek Lisans Tezi, Adnan Menderes Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Aydın, 2021.

Franco-Molina, M. A., Mendoza-Gamboa, E., Sierra-Rivera, C. A., Gómez-Flores, R. A., Zapata-Benavides, P., Castillo-Tello, P., Alcocer-González, J. M., Miranda-Hernández, D.F., Tamez-Guerra, R.S. & Rodríguez-Padilla, C. Antitumor Activity of Colloidal Silver on MCF-7 Human Breast Cancer Cells, Journal of Experimental and Clinical Cancer Research, 29(1), 148, 2010.

Gianfredi, V., Vannini, S., Moretti, M., Villarini, M., Bragazzi, N. L., Izzotti, A., Nucci, D. Sulforaphane and Epigallocatechin Gallate Restore Estrogen Receptor Expression By Modulating Epigenetic Events in The Breast Cancer Cell Line MDA-MB-231: A Systematic Review and Meta-Analysis, Journal Of Nutrigenetics and Nutrigenomics**,** 10(3-4), 126–135, 2017.

Gullett, N. P., Ruhul Amin, A. R., Bayraktar, S., Pezzuto, J. M., Shin, D. M., Khuri, F. R., Aggarwal, B. B., Surh, Y. J., Kucuk, O. Cancer Prevention With Natural Compounds, Seminars Oncology, 37, 258- 281, 2010.

He, Y., Yue, Y., Zheng, X., Zhang, K., Chen, S., Du, Z. Curcumin, Inflammation and Chronic Diseases: How Are They Linked?, Molecules (Basel, Switzerland), 20(5), 9183–9213, 2015.

https://gco.iarc.fr/today/online-analysis-multi-bars. Son erişim tarihi: 19.11.2022.

https://hsgm.saglik.gov.tr/depo/birimler/kanserdb/istatistik/Turkiye_Kanser_Istatistikleri_2017.pdf Son erişim tarihi: 15.11.2022.

https://www.drozdogan.com/turkiye-kanser-istatistikleri-2020/ Son erişim tarihi: 22.11.2022.

https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/cancer Son erişim tarihi: 15.11.2022.

Jayaprakasha, G.K., Rao, L.J., Sakariah, K.K. Antioxidant Activities of Curcumin, Demethoxycurcumin and Bisdemethoxycurcumin, Food Chemistry**,** 98(4), 720-724, 2006.

Jitoe, A., Masuda, T., Tengah, I.G.P., Suprapta, D.N., Gara, I.W., Nakatani, N. Antioxidant Activity of Tropical Ginger Extracts and Analysis of The Contained Curcuminoids, Journal of Agricultural and Food Chemistry, 40, 1337-1340, 1992.

Kar, F., Hacıoğlu, C. Kurkumin'in U251 Hücrelerinde Antineoplastik Potansiyellerinin Mekanizması Olarak Antioksidatif ve Apoptotik Özellikleri, Biological Diversity and Corservation**,** 14(2), 258-268, 2021.

Klaus-Joerger, T., Joerger, R., Olsson, E., Granqvist, C. Bacteria As Workers in the Living Factory: Metal Accumulating Bacteria and Their Potential For Materials Science, Trends Biotechnology, 19 (1), 15–20, 2001.

Kumar, A., Rana, A., Sharma, G., Naushad, M., Al-Muhtaseb, A. A. H., Guo, C., Stadler, F. J. High-Performance Photocatalytic Hydrogen Production And Degradation of Levofloxacin By Wide Spectrum-Responsive Ag/Fe_3O_4 Bridged Srtio3/G-C_3N_4 Plasmonic Nanojunctions: Joint Effect of Ag and Fe_3O_4, ACS Applied Materials & Interfaces, *10*(47), 40474-40490, 2018.

Kunnumakkara, A.B., Guha, S., Krishnan, S., Diagaradjane, P., Gelovani, J., Aggarwal, B.B. Curcumin Potentiates Antitumor Activity of Gemcitabine in an Orthotopic Model of Pancreatic Cancer Through Suppression of Proliferation, Angiogenesis, and Inhibition of Nuclear Factor-Kappab-Regulated Gene Products, Cancer Research**,** 67(8), 3853-3861, 2007.

Kuo, P. L., Lin, T. C., Lin, C. C. The Antiproliferative Activity of Aloe-Emodin is Through P53-Dependent And P21-Dependent Apoptotic Pathway in Human Hepatoma Cell Lines, Life Science**,** 71(16), 1879-92, 2002.

Kurt, B.Ö., Taşpınar, E., Şener, L.T., Özdemir, S, *The Possible Toxic Effect of Chlorpyrıfos On Cell Viability in Hek293 Cell Line and Antioxidant Efficiacy of Selenium and Curcumin*, 22nd International Conference on Antioxidants, Paris-Fransa**,** ss.12, 2020.

Lodish, H., Berk, A., Zipursky, S. l., Matsudaira, P., Baltimore, D., Darnell, J. *Molecular Cell Biology* 4th ed., Whfreemanandco, Newyork, 2000.

Majdalawieh, A. F., Fayyad, M. W., Nasrallah, G. K. Anticancer Properties and Mechanisms of Action of Thymoquinone, The Major Active Ingredient of *Nigella sativa*, Critical Review Food Science Nutrition, 57 (18), 3911- 3928, 2017.

Manikahdah, P., Sumitra, M., Aishwarya, S., Manohar, B.M., Lokanadam, B., Puvanakrishnan, R. Curcumin Modulates Free Radical Quenching in Myocardical İschaemia in Rats, The International Journal of Biochemistry & Cell Biology**,** 36(10), 1967-1980, 2004.

Masuda, T., Isobe, J., Jitoe, A., Nakatani, N. Antioxidative Curcuminoids From Rhyzomes of *Curcuma Cantorrhyza*, Phytochemistry**,** 31, 3645-3647, 1992.

Mohammadi, N., Shaghaghi, N. Inhibitory Effect of Eight Secondary Metabolites From Conventional Medicinal Plants on COVID-19 virus Protease By Molecular Docking Analysis, Cell and Molecular Biology Department**,** Faculty Of Basic Science, University of Maragheh, 2020.

Munusamy, P., Wang, C., Engelhard, M. H., Baer, D. R., Smith, J. N., Liu, C., Ryan, M. P. Comparison of 20 nm Silver Nanoparticles Synthesized With And Without A

Gold Core: Structure, Dissolution in Cell Culture Media, and Biological İmpact on Macrophages, Biointerphases, 10(3), 031003, 2015.

Nematollahi, F. Silver Nanoparticles Green Synthesis Using Aqueous Extract of Salvia Limbata CA Mey, International Journal of Biosciences, 6(2), 30-35, 2015.

Nikam, A., Pagar, T., Ghotekar, S., K Paga, K. A Review on Plant Extract Mediated Green Synthesis of Zirconia Nanoparticles and Their Miscellaneous Applications, Journal of Chemical Reviews, 1- 3, 154-163, 2019.

Pecere, T., Gazzola, M.V., Mucignat, C., Parolin, C., Vecchia, F. D., Cavaggioni, A., Basso, G., Diaspro, A., Salvato, B., Carli, M., Palu, G. Aloe-Emodin is a New Type Of Anticancer Agent With Selective Activity Against Neuroectodermal Tumors, Cancer Research**,** 60(11), 2800- 2804, 2000.

Pecere, T., Sarinella, F., Salata, C., Gatto, B., Bet, A., Dalla Vecchia, F., Diaspro, A., Carli, M., Palumbo, M., Palu, G. Involvement of P53 in Spesific Antineuroectodermal Tumor Activity of Aloe-Emodin, International Journal of Cancer, 106(6), 836- 847, 2003.

Sarvalkar, P.P., Walvekar, M.V., Bhopale, L.P. Antioxidative Effect of Curcumin (*Curcuma longa*) on Lipid Peroxidation and Lipofuscinogenesis in Submandibular Gland of D-Galactose- İnduced Aging Male Mice, Journal of Medicinal Plants Research**,** 5(20), 5191-5193, 2011.

Sharma, O.P. Antioxidant Activity of Curcumin and Related Compounds, Biochemical Pharmacology, 25(15), 1811-1812, 1976.

Siddiqui, A.M., Cui, X., Wu, R., Dong, W., Zhou, M., Hu, M. The Antiinflammatory Effect of Curcumin in An Experimental Model of Sepsis is Mediated By Up-Regulation Of Peroxisome Proliferator-Activated Receptor- Γ, Critical Care Medicine, 34(7), 1874-1882, 2006.

Souza, de T.A.J., Souza, L.R.R., Franchi, L.P. Silver Nanoparticles: An Integrated View of Green Synthesis Methods, Transformation In The Environment, and Toxicity, Ecotoxicology and Environmental Safety, 30, 691-700, 2019.

Suman, T.Y., Rajasree, S.R., Kanchana, A., Elizabeth, S.B. Biosynthesis, Characterization and Cytotoxic Effect of Plant Mediated Silver Nanoparticles Using *Morinda Citrifolia* Root Extract, Colloids and Surfaces B: Biointerfaces**,** 106, 74-78, 2013.

Sung, B., Prasad, S., Yadv, V. R. & Aggarwal, B. B. Cancer Cell Signaling Pathways Targeted By Spice-Derived Nutraceuticals, Nutrition and Cancer, 64,173- 197, 2012.

Tekin, A., Kaya, E., Yazıcı, S. *Kanserle İlgili Alternatif Tıp İçerikli Web Sitelerinin İçerik Analizi*, Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, 4(6), 14-34, 2012.

Toda, S., Miyase, T., Arichi, H., Tanizawa, H., Takino, Y. Natural Antioxidants Antioxidative Components Isolated From Rhizome Of *Curcuma longa* L, Chemical Pharm Bull (Tokyo)**,** 33(4), 1725-1728, 1985.

Topal, B.G., Uğur, S.G. Diş Hekimliğinde Kurkumin Kullanımı, Diş ve Tıp Dergisi**,** 3(3), 15-24, 2021.

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

Yang, K. Y., Lin, L. C., Tseng, T. Y., Wang, S. C., Tsai, T. H. Oral Bioavailability of Curcumin in Rat and The Herbal Analysis From *Curcuma longa* By LC-MS/MS, Journal of Chromatography B, Analytical Technologies in The Biomedical and Life Sciences**,** *853*(1-2), 183-189, 2007.

Yılmaz, E., Altunok, V. Kanser ve P53 Geni, Adana Veteriner Kontrol ve Araştırma Enstitüsü Dergisi, 1, 19- 23, 2011.

Yokota, J., Kohno, T. Molecular Footprints of Human Lung Cancer Progression, Cancer Science, 95(3), 197- 204, 2004.

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

SEKONDER METABOLİTLERİN ÜRETİMİNDE BİTKİ DOKU KÜLTÜRÜ YÖNTEMLERİ

Arş. Gör. Dr. Ayhan YILMAZ
Kütahya Dumlupınar Üniversitesi,
ayhan.yilmaz@dpu.edu.tr-0000-0003-0410-8687

Doç. Dr. Burcu ÇETİN
Kütahya Dumlupınar Üniversitesi,
burcu.cetin@dpu.edu.tr-0000-0003-1465-1464

ÖZET

Bitki doku kültürü, bitkilerin hücre, doku veya organlarının steril ve kontrollü koşullarda kültürle alınarak bitki ya da bitkisel metabolitlerin üretimini sağlayan teknikleridir. Bu teknikler, bitkisel biyoteknolojinin temel taşlarından biri olarak kabul edilmektedir ve özellikle sekonder metabolitlerin üretiminde önemli bir rol oynamaktadır. Sekonder metabolitler, bitkilerin çevresel streslere karşı savunma mekanizmaları olarak işlev gören ve tıbbi, gıda ve kozmetik endüstrilerinde değerli bileşikler olarak kullanılan kimyasallardır. Artan nüfus ile beraber her geçen gün bu metabolitlere olan ihtiyaç artmaktadır.

Bitki doku kültürü, sekonder metabolit üretiminde, geleneksel tarım yöntemlerine göre birçok avantaj sunar ve özellikle doğal kaynakların sürdürülebilir kullanımı açısından da büyük önem taşımaktadır. Bu yöntemler ile çevresel koşullardan bağımsız olarak öngörülebilir zaman, kalite ve miktarda metabolit üretimi sağlandığı vurgulanmaktadır. Ayrıca, doku kültürü ile elde edilen metabolitlerin, doğal bitkilerin toplanmasına olan bağımlılığı azaltarak, doğal bitkilerden elde edilenlerden daha yüksek saflıkta ve daha düşük maliyetle üretilebileceği belirtilmektedir.

Doku kültürü yöntemleri, sekonder metabolitlerin üretiminde çeşitli stratejilerle birleştirilerek kullanılmaktadır. Örneğin, besin ortamına çeşitli öncül ve elisitörlerin ilavesi, biyotik ve abiyotik stres uygulamaları sekonder metabolit üretimi artırır. Bunun yanı sıra, metabolitlerin biyosentetik yolları hakkında yeterli bilgi olmadığı durumlarda genomik ve metabolik çalışmaları bu zorlukların üstesinden gelmek için önemli bir strateji olarak öne çıkmaktadır.

Sonuç olarak, bitki doku kültürü yöntemleri, sekonder metabolitlerin üretiminde önemli bir alternatif sunmaktadır. Bu yöntemler, hem çevresel sürdürülebilirliği artırmakta hem de tıbbi ve endüstriyel uygulamalar için yüksek değerli bileşiklerin

üretimini mümkün kılmaktadır. Ancak, bu alandaki araştırmaların devam etmesi ve yeni tekniklerin geliştirilmesi, bitki doku kültürü ile sekonder metabolit üretiminin daha da verimli hale gelmesine katkı sağlayacaktır.

Anahtar Kelimeler: Abiyotik, biyotik, elisitör, bitki doku kültürü, sekonder metabolit.

PLANT TISSUE CULTURE METHODS IN THE PRODUCTION OF SECONDARY METABOLITES

Res. Asst. Dr. Ayhan YILMAZ
Kütahya Dumlupınar University,
ayhan.yilmaz@dpu.edu.tr-0000-0003-0410-8687

Assoc. Prof. Dr. Burcu ÇETİN
Kütahya Dumlupınar University,
burcu.cetin@dpu.edu.tr-0000-0003-1465-1464

ABSTRACT

Plant tissue culture is a technique that enables the production of plants or plant metabolites by culturing plant cells, tissues or organs under sterile and controlled conditions. These techniques play an important role in the production of secondary metabolites. Secondary metabolites play a role in the defense of plants against environmental stresses and are chemicals used as valuable compounds in the pharmaceutical, food and cosmetic industries. The need for these metabolites is increasing day by day due to the increasing population.

Plant tissue culture offers many advantages over traditional agricultural methods in the production of secondary metabolites and is of great importance, especially in terms of sustainable use of natural resources. It is emphasized that these methods provide metabolite production in a predictable period, quality and quantity, regardless of environmental conditions. It is also stated that metabolites obtained by tissue culture can be produced with higher purity and at lower cost than those obtained from natural plants and reduce dependency on the collection of natural plants.

Tissue culture methods are used with various strategies in the production of secondary metabolites. For example, the addition of various precursors and stimulants to the nutrient medium and biotic and abiotic stress applications cause an increase in secondary metabolite production. In addition, in cases where there is insufficient information about the biosynthetic pathways of metabolites, genomic and metabolic studies stand out as an important strategy to overcome these difficulties.

As a result, plant tissue culture methods offer an important alternative in the production of secondary metabolites. These methods both increase environmental sustainability and enable the production of high-value compounds for medical and industrial applications. However, continuing research in this field and developing new techniques will contribute to making secondary metabolite production with plant tissue culture even more efficient.

Key Words: Abiotic, biotic, elicitor, plant tissue culture, secondary metabolite.

1. Bitki Doku Kültürü

Sekonder metabolitler, bitkiler, mantarlar ve mikroorganizmalar gibi çeşitli organizmalar tarafından üretilen düşük moleküler ağırlıklı doğal ürünlerdir. Bu metabolitler organizmaların ekosistem içindeki rollerini belirler; örneğin kuraklık, tuzluluk gibi çevresel etkenlerin oluşturduğu stres ortamına dayanmalarını, herbivorlar ve mikroorganizmalara karşı savunmalarını, polinasyon ve tohum dağılımı için hayvanları cezbederek yaşamlarını devam ettirmelerini sağlarlar (Miladinova vd., 2022).

Sekonder metabolitlerin sayısı ve çeşitliliği, bu bileşiklerin biyolojik aktiviteleri ve potansiyel uygulamaları açısından büyük bir öneme sahiptir. Bu kimyasallar arasında alkaloidler, terpenoidler ve fenolik bileşikler gibi birçok farklı grup bulunmaktadır. Biyolojik aktiviteleri nedeni ile ilaç, kozmetik ve gıda endüstrisinde kullanılan birçok sekonder metabolit sentetik kimyadaki ilerlemelere rağmen hala sentezlenememektedir (Mohaddab vd., 2022).

Doğal koşullarda bitkilerden sekonder metabolitlerin elde edilmesi sırasında çeşitli zorluklarla karşılaşılmaktadır. Bu zorluklar arasında, bitkilerin doğal ortamdan toplanmasının zor ve pahalı olması, bitki nesillerinin tehlike altına girmesi, iklim koşullarının metabolit miktarını etkilemesi ve etkili maddelerin bitkilerde düşük miktarlarda sentezlenmesi yer almaktadır.

Bitki doku kültürü, özellikle sekonder metabolitlerin üretiminde büyük bir potansiyele sahiptir. Bitki doku kültürü tekniklerinin avantajları arasında, doğal bitki kaynaklarına olan bağımlılığı azaltma ve coğrafi koşullardan bağımsız bir üretim sağlama yeteneği bulunmaktadır[13]. Bu durum, özellikle tıbbi bitkilerin sürekli ve güvenilir bir şekilde temin edilmesi açısından önemlidir (Babich vd., 2020).

Bitki doku ve hücre kültürü, aseptik koşullar altında ve uygun besi yerlerinde bitki hücre, doku veya organlarının istenilen amaca uygun olarak kültüre alınması işlemleridir. Sekonder metabolit üretiminde elde edilmek istenen metabolitin, bitki tarafından üretildiği sentez yerinin dikkate alınarak uygulanacak kültür tipinin seçilmesi gerekir. Buna göre farklılaşmış kök, sürgün veya embriyo kültürleri ya da farklılaşmamış hücre ve kallus kültürleri metabolit üretimi için uygulanabilir.

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

Mevcut literatüre göre, metabolitlerin sentezi çoğunlukla farklılaşmış bitki dokularında daha yüksektir ve bu nedenle farmasötik açıdan önemli bileşikler elde etmek amacıyla in vitro koşullar altında tüm bitki organlarını, yani sürgünleri veya kökleri yetiştirmek için çeşitli protokoller geliştirilmiştir (Khanam vd., 2022).

1.2.Kök kültürleri

Bitkilerin köklerinde sentezlenen metabolitlerin üretiminde kök kültürleri kullanılır. Bitkinin kök organından alınan "eksplant" olarak adlandırılan kök doku parçasının yüksek oksin içeren besin ortamında kültüre alınması işlemleridir. Üretilen köklerdeki metabolitin, klasik kültür yöntemleri ile üretilen bitkideki miktara yakın veya daha fazla olması istenir (Hussain vd., 2022).

Primula veris subsp. *veris* L., kökleri ve çiçekleri değerli farmasötik hammaddelerin kaynağı olan çok yıllık otsu ve tıbbi bitki türüdür. Bitki dokuları, yüksek triterpen saponinler ve fenolik glikozitler içeriği nedeniyle balgam söktürücü ve idrar söktürücü ilaçlar üretmek için kullanılır. *P. veris'in* yeraltı kökleri yalnızca bitkinin hasadı sırasında yıkıcı bir işlemle elde edilebilir. Bu nedenle alternatif bir üretim yolu olarak in vitro tesadüfi kök üretim protokolü geliştirilmiştir. Sonuç olarak bitkinin doku kültürü sadece çoğaltma için değil aynı zamanda tesadüfi kök kültürleri yoluyla primulik asit II gibi türlere özgü ikincil metabolitlerin üretimi için de kullanılabilir olduğu belirlenmiştir. Bu yöntem sayesinde, bitkinin doğal ortamından kontrolsüzce toplanmasının önüne geçilmiş ve sürdürülebilir bir şekilde pestisitlerden arındırılmış doğal ürünlerin üretimi sağlanmıştır (Sarropoulou vd. 2023).

Son yıllarda, bir bitki patojeni olan *Agrobacterium rhizogenes* ile yapılan çalışmalar kök kültürlerinde değişiklik sağlamıştır. Toprak grubu bakterisi olan *A. rhizogenes* patojeni Rİ-DNA adı verilen küçük DNA parçasını bitki genomuna aktararak "tüylü" kök fenotipinin ortaya çıkmasına neden olmaktadır. Sonuç olarak bitki genomuna yerleşen oksin genleri tüylü kök oluşumu uyarmakta ve kültür ortamına sürekli hormon ilavesi yapılmasına gerek kalmamaktadır. Saçaklı kök kültürü olarak adlandırılan bu yöntem ile antimikrobiyal, anti kanser ve antifungal özellklere sahip birçok bileşik üretilmektedir (Gantait ve Mukherjee, 2022; Roy, 2021; Biswas vd., 2023; Malarz vd., 2023).

Salvia bulleyana Diels'in *Agrobacterium rhizogenes* A4 klonunun yaprak eksplantlarına inokulasyonu sonucu elde edilen saçaklı köklerdeki 10 polifenol bileşiğin miktarına tarla koşullarında yetişenler ile kaşılaştırılmıştır. Sonuç olarak, tarla koşullarında birkaç yılda yetiştirilen bitkilerin köklerinden önemli ölçüde daha yüksek oranda metabolit üretimi olduğu belirlenmiştir (Wojciechowska vd., 2020).

Centella asiatica (Apiaceae), madecassoside, asiaticoside, madecassic asit ve asiatic asit gibi çeşitli triterpenoidler içeren tropikal/subtropikal bir tıbbi bitkidir. Doğal ortamda üretilen bitkilerin ve Yaprak ve yaprak sapı eksplantlarından elde edilen tüylü köklerdeki sekonder metabolit analizleri yapılmış ve Triterpenoid konsantrasyonu *C.*

asiatica bitkilerinin yapraklarında yaprak saplarına göre 2 kat daha yüksek olmasına rağmen, yaprak sapından türetilen saçaklı kök kültürlerindeki triterpenoid birikimi yapraktan türetilen saçaklı kök kültürlerine göre 1,4 kat daha yüksek bulunmuştur (Baek vd., 2022).

1.3.Sürgün Kültürleri

Meristematik özellik gösteren koltuk altı veya sürgün ucundaki dokuların uygun besin ortamında kültüre alınması ile gerçekleştirilmektedir. Sürgün ucu kültürleri, farklılaşmamış kültürlere, yani kallus ve hücre süspansiyon kültürlerine, nazaran daha yüksek düzeyde metabolit üretmektedir.

Güney Afrika'nın endemik florasında yetişen tıbbi ve süs amaçlı bir gövde-sukulent olan *Huernia hystrix'*in sürgün çoğaltımı ve sekonder metabolit üretimine bitki büyüme düzenleyicilerin etkileri araştırılmıştır. Yapılan çalışmalar neticesinde, doğadan toplanan *H. hystrix* 'te yoğunlaştırılmış tanenler tespit edilmediği halde sitokinin ile tek başına veya NAA ile kombinasyon halinde yapılan kültür işlemleri sonucunda bu türün mikro çoğaltılmış sürgünlerinde yoğunlaştırılmış tanen üretimi belirlenmiştir. Çalışmada sonucunda, metaTopolin kullanılmının yüksek metabolit üretimini sağladığı, oksin-sitokinin etkileşimlerinin *H. hystrix'* te sürgün çoğalması ve sekonder metabolit üretimi üzerindeki farklı etkileri olduğu bildirilmiştir (Amoo ve Staden, 2013).

Ruta graveolens'in sıvı ortamdaki sürgün kültürlerinde bir öncül (fenilalanin) eklenmesinin ikincil metabolitlerin birikimi üzerindeki etkisinin araştırıldığı çalışma sonucunda hem kontrol hem de deney kültürlerinde aynı ikincil metabolitler elde edilmiştir. Fenolik asit ve kateşin üretimi (1,5 kat), öncül ilavesiyle önemli ölçüde arttığı, kumarin ve alkaloidlerin üretiminde ise bir fark olmadığı belirlenmiştir (Szewczyk vd.,2023).

Farklı *Vitis vinifera* L. çeşitlerinin sürgün kültürlerinin başlatılması ve iyileştirilmesi amacı ile çeşitli bitki büyüme düzenleyicileri konsantrasyonlarıyla Murashige ve Skoog (MS) ve Schenk ve Hildebrandt (SH) olmak üzere iki ortam kullanılarak 30 günlük büyüme döngüleri gözlenmiştir. Test edilen tüm özütlerde 45 bileşik tanımlanmıştır. Metabolik içerik üzerinde genotipin ve ortamın etkisini değerlendirmek için temel bileşen analizi (PCA) yapılmıştır. PCA, metabolik içeriğin esas olarak genotipten ve daha az ölçüde ortam bileşiminden etkilendiğini göstermiştir. MS ortam varyantları amino asit, prosiyanidin ve flavan-3-ol üretimini indüklemiştir. Ek olarak, antioksidan potansiyel ve anti-tirozinaz aktivitesi spektrofotometrik olarak ölçülmüştür. Antioksidan aktivite üzerine yapılan çalışmalar, test edilen özütlerde serbest radikalleri azaltmada çok yüksek bir etkinlik olduğunu açıkça ortaya koymuştur. Bu çalışma sonucunda, *V. vinifera* cvs.'nin in vitro kültürlerinin, kozmetik endüstrisinde potansiyel olarak kullanılabilecek alternatif bir bitkisel materyal kaynağı olarak önerilebileceği bildirilmiştir (Sharafan, vd, 2023).

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

1.4.Embriyo Kültürü

Sekonder metabolitlerin çoğu gelişmekte olan embriyolarda sentezlenirken, geri kalanı kısmen veya tamamen ana bitkiden elde edilir. Bunun yanısıra, bitki gelişiminin erken evrelerinde çeşitli fenolik, alkaloid ve terpenoidlerin sentezlendiği bildirilmiştir. Bir bitkide metabolitin embriyoda üretimi yada birikimi yapılıyorsa, bu metabolitin üretimi için embriyo kültürü tercih edilmelidir. Bu amaçla ya doğrudan ya da dolaylı olarak yani zigotik olmayan somatik embriyoların öncelikle elde edilmesi gerekir (Murthy, vd., 2023).

Eurycoma longifolia Jack, sıtma önleyici, dizanteri önleyici, tümör önleyici vb. gibi tıbbi amaçlar için sekonder metabolitler üretebilen bir bitki olarak bilinmektedir. Ancak bitkinin tohumla üretimi zordur, bitkinin aşırı kullanımı da doğal yaşam alanındaki bitki popülasyonunu azaltacaktır. Bu nedenle, in vitro kültür, yani somatik embriyogenez yoluyla, bitki rejenerasyonu ve in vitro metabolit üretimi için alternatif bir yöntem araştırılmıştır. Bitkinin somatik embriyosunda sekonder metabolit profili analiz edilmiştir. Tohumdan elde edilen kallus, eksplant olarak kullanılmıştır. Bitkinin somatik embriyosunda alkaloid ve terpenoid maddelerin varlığı belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlara göre, embriyonik kallus ve somatik embriyonun karışımı, alkaloit, terpenoid maddeler ve fenol gibi sekonder metabolitler üretmiştir. Bununla birlikte, embriyonik kallus ve somatik embriyonun karışımındaki metabolitlerin konsantrasyonu, embriyonik olmayan kallusa kıyasla daha düşük olduğu belirlenmiştir (Rahmawati, vd., 2014).

Nigella sativa L., Ranunculaceae familyasından muazzam öneme sahip tıbbi bir bitkidir. Antik çağlardan beri birçok hastalığı tedavi etmek için geleneksel olarak kullanılmıştır. Farklı oksinlerin *N. sativa L. cv. Black Diamond* 'ın kallus indüksiyonu ve sonraki somatik embriyo oluşumu üzerindeki etkileri incelenmiştir. Elde edilen kallus ve embriyo kültürlerinin sekonder ürünlerinin metabolik profilleri, oksin uygulamaları sonucunda belirlenmiştir; kallus kültürlerinin önemli bir miktarda (%2,76) timokinon (TQ) içerdiği saptanmıştır. Bu nedenle, kallus kültürleri farmasötik ve terapötik amaçlar için mükemmel bir alternatif TQ kaynağı olarak kullanılabileceği bildirilmiştir. Ek olarak, yağ asitleri ve/veya esterleri kallus ve embriyo kültürlerinde ana bileşenler olarak kaydedilmiştir. Bu hayati bileşiklerin izole edilerek ve çok sayıda endüstriyel uygulama için kullanılabileceği belirlenmiştir (Higazy vd., 2023).

1.5.Kallus Kültürleri

Kallus kültürleri ana bitkiden kesilip çıkartılan ve bölünme özelliğini yitirmemiş organ veya doku parçalarının karbon kaynağı (genellikle sakkaroz) ve bitki büyüme düzenleyicileri (genellikle bir oksin ve bir sitokinin) içeren yarı katı besi ortamında büyütülmesi sonucu oluşan morfolojik düzensizliğe sahip kütleler olarak tarif edilebilir. In vitro kültürler arasında, Kallus kültürü sekonder metabolit üretimi için tüm bitki

çoğaltımına alternatif olabilir. Ancak üretilecek metabolitin sentezlendiği doku parçasının kallus üretim kaynağı olarak kullanılmasına dikkat edilmelidir.

Linum usitatissimum L., farmakolojik olarak önemli sekonder metabolitlerin üretimiyle iyi bilinmektedir. İnsan sağlığı üzerindeki muazzam faydalı etkileri nedeniyle, bu bileşikler özellikle çeşitli kanser türlerinin tedavisinde Dünya çapında daha fazla ilgi görmektedir. Keten'in in vitro kallus kültürü ile biyolojik açıdan önemli sekonder metabolitlerinin üretimi için etkili bir protokol araştırılmıştır. Sonuçlar, yaprak eksplantından elde edilen kallusların en yüksek biyokütle ve antioksidan aktiviteyi biriktirdiğini, en yüksek toplam fenolik ve flavonoid üretiminin ise gövdeden elde edilen kalluslarda belirlenmiştir (Anjum vd., 2017).

Fındık, son zamanlarda paklitaksel için sürdürülebilir bir kaynak olarak önerilen en önemli bitkilerinden biridir. Bitki büyüme düzenleyicilerin konsantrasyonunun ve kombinasyonunun, farklı bazal ortam ve ultrasonik dalgaların fındık kallus kültürlerinde kallus indüksiyonu ve büyümesi, fizyolojik özellikleri ve taksol ve bakatin III üretimi üzerindeki etkisi araştırılmıştır. Sonuç olarak, kültür ortamının besin bileşimi ve konsantrasyonu, hücre büyümesini ve kültürlerin fizyolojik durumunu etkilemekle kalmayıp aynı zamanda sekonder metabolitlerin üretimini ve birikimini de iyileştirdiği belirlenmiştir (Hazrati vd., 2022).

1.6.Hücre Süspansiyon Kültürleri

Tek hücrelerin ya da hücre gruplarının sıvı büyüme ortamında, çalkalanarak ya da özel havalandırma sistemleri ile kültüre alınması sonucu bitkisel metabolitlerin üretiminin yapıldığı kültürlerdir. Doğrudan ana bitki dokusudan başlatılabileceği gibi daha çok kallus kültürlerinin başlatıcı kültür materyali olması tercih edilmektedir.

Sageretia thea, Çin ve Kore'de bitkisel ilaç hazırlanmasında kullanılan fenolikler ve flavonoidler de dahil olmak üzere çeşitli biyoaktif bileşikler açısından zengin tıbbi bir bitkidir. *S. thea'nın* bitki hücre süspansiyon kültürlerinde fenolik bileşiklerin üretimini artırmak amacı ile kotiledon eksplantları başlatıcı materyal seçilmiştir. Besin ortamına eklenen çeşitli oksin, askorbik asit, metil jasmonat (MeJA), salisilik asit (SA) ve sodyum nitroprussidin (SNP) uyarıcılarının etkileri hücre süspansiyon kültürlerinde incelenmiştir. Balon tipi kabarcıklı biyoreaktörlerde yapılan dört haftalık kültürlerden sonra 230,81 g taze biyokütle ve 16,48 g kuru biyokütlenin optimum verimi elde edilmiştir (Kim vd., 2023).

Carthamus tinctorius, çeşitli biyoaktif bileşenler, özellikle klorojenik asitler (CGA'lar) içerdiğinden yaygın olarak gıda ve ilaç olarak kullanılır. C. tinctorius hücre süspansiyon kültürü oluşturulmuştur. CGA üretimi, mevcut literatürde bitki kültürü hücreleri arasında ilk kez en yüksek seviyede elde edilmiştir. Sonuç olarak CGA'ların büyük ölçekli üretimi için sağlam bir protokol elde edildiği ve CGA'ların fonksiyonel

gıda ve ilaç endüstrilerinde α-glukozidaz inhibitörü olarak uygulama olasılıklarını ortaya koymuştur (Liu vd., 2023).

2. Bitki Doku Kültürü Yöntemlerinde Sekonder Metabolit Üretiminin Arttırılması

Sekonder metabolitlerin üretiminde her tekniğin kendine has özellikleri ve üretimde sorunları vardır. Genel olarak tüm tekniklerde karşılaşılan sorun, bazı özgün sekonder metaboliderin üretimindeki düşük verimliliktir. Bu nedenle, bitki doku kültürü süreçlerinin optimize edilmesi ve yeni tekniklerin geliştirilmesi gerekmektedir. Örneğin, elisitör (uyarıcı uygulama) yöntemi, bitki hücre kültürlerinde sekonder metabolit üretimini artırmak için yaygın olarak kullanılmaktadır. Elisitörler, bitkilerin stres yanıtlarını tetikleyerek sekonder metabolitlerin sentezini artırabilir. Elisitasyon, bitki hücre kültürlerinde stres tepkilerini artırarak, savunma ile ilgili genlerin aktivasyonunu ve metabolitlerin sentezini teşvik eder. Bu bağlamda, elisitor türü, dozu ve uygulama süresi, sekonder metabolit üretiminde önemli faktörlerdir (Narayani ve Srivastava, 2017; Humbal, A., Pathak, 2023).

Yapılan bir incelemede, bitkilerin stres altında sekonder metabolit üretimini artırmak için çevresel faktörlerin manipülasyonunun önemine vurgu yapılmaktadır. Su, ışık, atmosfer gazları ve sıcaklık gibi abiotik stres koşulları, bitkilerin metabolik yanıtlarını tetikleyerek sekonder metabolitlerin sentezini artırabilir (Espinosa vd., 2022).

Ayrıca, bitki doku kültürü ile birlikte kullanılan biyoteknolojik araçlar, sekonder metabolitlerin üretimini artırmak için yeni fırsatlar sunmaktadır. Örneğin, bitki hücre kültürlerinde kullanılan biyoreaktörlerin optimizasyonu, metabolit üretimini artırmak için kritik bir faktördür. Biyoreaktörlerde hücre agregasyonu, karıştırma, havalandırma ve kesme hassasiyeti gibi mühendislik parametrelerinin dikkate alınması, başarılı bir üretim süreci için gereklidir (Kowalczyk vd., 2022).

Genetik mühendislik ve metabolik mühendislik uygulamaları, bitkilerin metabolik yollarını manipüle ederek hedeflenen sekonder metabolitlerin üretimini artırabilir[12]. Özellikle, transgenik bitki kültürleri, güvenli ve verimli bir şekilde değerli sekonder metabolitlerin üretimi için potansiyel taşımaktadır (Fazili vd., 2022).

3. SONUÇ

Sekonder metabolitlerin üretiminde yeni bitki doku kültürü tekniklerinin geliştirilmesi, hem bilimsel hem de endüstriyel açıdan büyük bir potansiyele sahiptir. Bu alandaki yenilikler, bitkisel kaynakların sürdürülebilir kullanımını sağlarken, aynı zamanda tıbbi ve endüstriyel uygulamalar için gerekli olan bioaktif bileşiklerin teminini kolaylaştıracaktır.

KAYNAKÇA

Miladinova-Georgieva, K., Geneva, M., Stancheva, I., Petrova, M., Sichanova, M., & Kirova, E. (2022). Effects of different elicitors on micropropagation, biomass and

secondary metabolite production of Stevia rebaudiana Bertoni—A review. *Plants*, *12*(1), 153.

Mohaddab, M., El Goumi, Y., Gallo, M., Montesano, D., Zengin, G., Bouyahya, A., & Fakiri, M. (2022). Biotechnology and In Vitro Culture as an Alternative System for Secondary Metabolite Production. *Molecules*, *27*(22), 8093. https://doi.org/10.3390/molecules27228093

Babich, O., Sukhikh, S., Pungin, A., Ivanova, S., Asyakina, L., & Prosekov, A. (2020). Modern Trends in the In Vitro Production and Use of Callus, Suspension Cells and Root Cultures of Medicinal Plants. *Molecules*, *25*(24), 5805. https://doi.org/10.3390/molecules25245805

Khanam, M. N., Anis, M., Javed, S. B., Mottaghipisheh, J., & Csupor, D. (2022). Adventitious Root Culture—An Alternative Strategy for Secondary Metabolite Production: A Review. *Agronomy*, *12*(5), 1178. https://doi.org/10.3390/agronomy12051178

Hussain, M. J., Abbas, Y., Nazli, N., Fatima, S., Drouet, S., Hano, C., & Abbasi, B. H. (2022). Root cultures, a boon for the production of valuable compounds: A comparative review. *Plants*, *11*(3), 439.

Sarropoulou, V., Sarrou, E., Angeli, A., Martens, S., Maloupa, E., & Grigoriadou, K. (2023). Species-Specific Secondary Metabolites from *Primula veris* subsp. *veris* Obtained *In Vitro* Adventitious Root Cultures: An Alternative for Sustainable Production. Sustainability, 15(3), 2452. https://doi.org/10.3390/su15032452

Gantait, S., Mukherjee, E. Hairy root culture technology: applications, constraints and prospect. *Appl Microbiol Biotechnol* **105**, 35–53 (2021). https://doi.org/10.1007/s00253-020-11017-9

Roy, A. (2021). Hairy root culture an alternative for bioactive compound production from medicinal plants. *Current pharmaceutical biotechnology*, *22*(1), 136-149.

Biswas, D., Chakraborty, A., Mukherjee, S., & Ghosh, B. (2023). Hairy root culture: a potent method for improved secondary metabolite production of Solanaceous plants. *Frontiers in Plant Science*, *14*, 1197555.

Malarz, J., Yudina, Y. V., & Stojakowska, A. (2023). Hairy Root Cultures as a Source of Phenolic Antioxidants: Simple Phenolics, Phenolic Acids, Phenylethanoids, and Hydroxycinnamates. *International Journal of Molecular Sciences*, *24*(8), 6920. https://doi.org/10.3390/ijms24086920

Wojciechowska, M., Owczarek, A., Kiss, A. K., Grąbkowska, R., Olszewska, M. A., & Grzegorczyk-Karolak, I. (2020). Establishment of hairy root cultures of Salvia bulleyana Diels for production of polyphenolic compounds. *Journal of biotechnology*, *318*, 10-19.

Baek, S., Han, J. -E., Ho, T. -T., & Park, S. -Y. (2022). Development of Hairy Root Cultures for Biomass and Triterpenoid Production in *Centella asiatica*. *Plants*, *11*(2), 148. https://doi.org/10.3390/plants11020148

Amoo, S.O., Van Staden, J. Influence of plant growth regulators on shoot proliferation and secondary metabolite production in micropropagated *Huernia hystrix* . *Plant Cell Tiss Organ Cult* 112, 249–256 (2013). https://doi.org/10.1007/s11240-012-0230-x

Szewczyk, A., Październiora, W., & Ekiert, H. (2023). The Influence of Exogenous Phenylalanine on the Accumulation of Secondary Metabolites in Agitated Shoot Cultures of *Ruta graveolens* L. *Molecules*, *28*(2), 727. https://doi.org/10.3390/molecules28020727

Sharafan, M., Malinowska, M. A., Kubicz, M., Kubica, P., Gémin, M. -P., Abdallah, C., Ferrier, M., Hano, C., Giglioli-Guivarc'h, N., Sikora, E., Lanoue, A., & Szopa, A. (2023). Shoot Cultures of *Vitis vinifera* (Vine Grape) Different Cultivars as a Promising Innovative Cosmetic Raw Material—Phytochemical Profiling, Antioxidant Potential, and Whitening Activity. *Molecules*, *28*(19), 6868. https://doi.org/10.3390/molecules28196868

Murthy, H.N., Joseph, K.S., Hahn, JE. *et al.* Suspension culture of somatic embryos for the production of high-value secondary metabolites. *Physiol Mol Biol Plants* **29**, 1153–1177 (2023). https://doi.org/10.1007/s12298-023-01365-x

Rahmawati, A., & Esyanti, R. R. (2014). Analysis of secondary metabolite production in somatic embryo of Pasak Bumi (Eurycoma longifolia Jack.). *Procedia Chemistry*, *13*, 112-118.

Higazy, A. E., El-Mahrouk, M. E., El-Banna, A. N., Maamoun, M. K., El-Ramady, H., Abdalla, N., & Dobránszki, J. (2023). Production of Black Cumin *via* Somatic Embryogenesis, Chemical Profile of Active Compounds in Callus Cultures and Somatic Embryos at Different Auxin Supplementations. *Agronomy*, *13*(10), 2633. https://doi.org/10.3390/agronomy13102633

Anjum, S., Abbasi, B.H. & Hano, C. Trends in accumulation of pharmacologically important antioxidant-secondary metabolites in callus cultures of *Linum usitatissimum* L.. *Plant Cell Tiss Organ Cult* **129**, 73–87 (2017). https://doi.org/10.1007/s11240-016-1158-3

Hazrati, R., Zare, N., Asghari-Zakaria, R. *et al.* Factors affecting the growth, antioxidant potential, and secondary metabolites production in hazel callus cultures. *AMB Expr* **12**, 109 (2022). https://doi.org/10.1186/s13568-022-01449-z

Kim, J. -H., Han, J. -E., Murthy, H. N., Kim, J. -Y., Kim, M. -J., Jeong, T. -K., & Park, S. -Y. (2023). Production of Secondary Metabolites from Cell Cultures of *Sageretia thea* (Osbeck) M.C. Johnst. Using Balloon-Type Bubble Bioreactors. *Plants*, *12*(6), 1390. https://doi.org/10.3390/plants12061390

Liu, Z., Du, L., Liu, N., Mohsin, A., Zhu, X., Sun, H., ... & Wang, Z. (2023). Insights into chlorogenic acids' efficient biosynthesis through Carthamus tinctorius cell suspension cultures and their potential mechanism as α-glucosidase inhibitors. *Industrial Crops and Products*, *194*, 116337.

Narayani, M., & Srivastava, S. (2017). Elicitation: a stimulation of stress in in vitro plant cell/tissue cultures for enhancement of secondary metabolite production. *Phytochemistry reviews*, *16*, 1227-1252.

Humbal, A., & Pathak, B. (2023). Influence of exogenous elicitors on the production of secondary metabolite in plants: A review ("VSI: secondary metabolites"). *Plant Stress*, *8*, 100166.

Espinosa-Leal, C. A., Mora-Vásquez, S., Puente-Garza, C. A., Alvarez-Sosa, D. S., & García-Lara, S. (2022). Recent advances on the use of abiotic stress (water, UV radiation, atmospheric gases, and temperature stress) for the enhanced production of secondary metabolites on in vitro plant tissue culture. *Plant Growth Regulation*, *97*(1), 1-20.

Kowalczyk, T., Merecz-Sadowska, A., Picot, L., Brčić Karačonji, I., Wieczfinska, J., Śliwiński, T., & Sitarek, P. (2022). Genetic Manipulation and Bioreactor Culture of Plants as a Tool for Industry and Its Applications. *Molecules*, *27*(3), 795. https://doi.org/10.3390/molecules27030795

Fazili, M. A., Bashir, I., Ahmad, M., Yaqoob, U., & Geelani, S. N. (2022). In vitro strategies for the enhancement of secondary metabolite production in plants: a review. *Bulletin of the National Research Centre*, *46*(1), 35.

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

PRODUCTION OF ORNAMENTAL PLANTS USING PLANT TISSUE CULTURE METHODS

Assoc. Prof. Dr. Burcu ÇETİN
Kütahya Dumlupınar University,
burcu.cetin@dpu.edu.tr-0000-0003-1465-1464

Res. Asst. Dr. Ayhan YILMAZ
Kütahya Dumlupınar University,
ayhan.yilmaz@dpu.edu.tr-0000-0003-0410-8687

ABSTRACT

Plant tissue cultures are the techniques used to reproduce and develop plant cells, tissues, or organs under *in vitro* conditions. In recent years, the ornamental plants sector has undergone a major transformation with the use of plant tissue culture techniques. By preserving the genetic characteristics of plants with meristem culture and organogenesis methods, which are plant tissue culture techniques, high-quality and disease-free plant materials are produced in a way that is more suitable for market demands. In addition, it is stated that *in vitro* methods are an important tool for protecting flower species that are under threat of extinction and for developing new species that will provide diversity in the market. Plant tissue culture offers significant opportunities in floriculture, both economically and ecologically. The effective use of these techniques will be of critical importance for the future development of the ornamental plant sector.

In this review, a general update is present on the propagation of ornamental plants under tissue culture conditions, *in vitro* plant development techniques, limiting factors, and future perspectives.

Key Words: Ecology, *in vitro*, meristem culture, organogenesis, plant tissue culture.

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

BİTKİ DOKU KÜLTÜRÜ YÖNTEMLERİ KULLANILARAK SÜS BİTKİLERİNİN ÜRETİMİ

Doç. Dr. Burcu ÇETİN
Kütahya Dumlupınar Üniversitesi,
burcu.cetin@dpu.edu.tr-0000-0003-1465-1464

Arş. Gör. Dr. Ayhan YILMAZ
Kütahya Dumlupınar Üniversitesi,
ayhan.yilmaz@dpu.edu.tr-0000-0003-0410-8687

ÖZET

Bitki doku kültürleri, bitki hücrelerini, dokularını veya organlarını in vitro koşullarda çoğaltmak ve geliştirmek için kullanılan tekniklerdir. Son yıllarda, süs bitkileri sektöründe bitki doku kültürü tekniklerinin kullanılması ile büyük bir dönüşüm yaşanmaktadır. Bitki doku kültürü tekniklerinden olan meristem kültürü ve organogenez yöntemleri ile bitkilerin genetik özellikleri korunarak, yüksek kaliteli ve hastalıklardan arındırılmış bitki materyalleri pazar taleplerine daha uygun olarak üretilmektedir. Ayrıca, nesli tükenme tehlikesi altında olan çiçek türlerinin korunması, pazarda çeşitlilik sağlayacak yeni türlerin geliştirilmesi için *in vitro* yöntemlerin önemli bir araç olduğu belirtilmektedir. Bitki doku kültürü, çiçekçilik alanında hem ekonomik hem de ekolojik açıdan önemli fırsatlar sunmaktadır. Bu tekniklerin etkin bir şekilde kullanılması, süs bitkileri sektörünün gelecekteki gelişimi için kritik bir öneme sahip olacaktır.

Bu derlemede, süs bitkilerinin doku kültürü koşullarındaki çoğaltımı, *in vitro* bitki geliştirme teknikleri, sınırlayıcı faktörler ve geleceğe yönelik perspektifler hakkında genel bir güncelleme sunulmuştur.

Anahtar Kelimeler : Bitki doku kültürü, ekoloji, *in vitro*, meristem kültürü, organogenez.

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

1. BİTKİ DOKU KÜLTÜRÜ

Süs bitkileri, peyzaj düzenlemesinde ve yeşil alanlarda kullanılırlar ve insanların yaşadığı iç ve dış ortamların yaşam kalitesini iyileştirirler. Bu önemli özelliklerinin yanı sıra, erozyonu kontrol etmek, toprağı ve havayı temizlemek, enerji ve su tüketimini azaltmak gibi ekosistem hizmetleri de sağlarlar. Dünya nüfusunun %70'inin 2050 yılında kentsel alanlarda ikamet etmesi beklenmektedir. Bu durum ileride iklim değişikliği, su kıtlığı, kirlilik ve insan refahının azalması gibi problemler oluşturmasına neden olacaktır. Bu problemlerin çözümü amacıyla, şehir ve ev içi alanlardaki süs bitkilerinin potansiyellerinin belirlenmesi, geliştirilmesi, yeni süs bitki türlerinin üretilmesi ve yetiştirilmesi ile ilgili araştırmalara ihtiyaç duyulmaktadır (Francini vd., 2022).

Bitki doku kültürü, bitkilerin morfolojik, fizyolojik, biyokimyasal ve genetik vb. temel bilimlerdeki araştırmalarda kullanılan bitki biyoteknolojisi yöntemleridir. Bu alanlarda elde edilen veriler ışığında bitki, hücre ve dokuların *in vitro* koşullardaki potansiyelleri belirlenmektedir; klonal üretim, yeni türlerin elde edilmesi, hastalıksız bitki üretimi, gen bankaları, bitkisel metabolitlerin üretimi ile ilgili birçok araştırma yapılmaktadır. Bitki doku kültürü teknikleri bitkilerin organ, doku, hücrelerinin steril koşullarda, özel besin ortamlarında ve kontrollü koşullarda kültüre alınması işlemleridir. Besin ortamı, bitki büyüme gelişiminde rol oynayan makro ve mikro elementleri içeren kimyasal ve organik bileşikleri ve vitaminleri içerir. White ortamı kimyasal olarak tanımlanan ilk besin ortamıdır (White, 1939). Daha sonra, Murashige ve Skoog tarafından, Murashige-Skoog (MS) ortamı olarak bilinen ve en çok kullanılan besin ortamı geliştirilmiştir (Murashige, T, Skoog, 1962). Sterilizasyon işleminden önce, besin ortamının pH'sı bitkilerin besin elementlerini en iyi alabileceği şekilde ayarlanır. Besin ortamına bitkinin tutunmasını kolaylaştırmak için farklı türde agarlar (fitajel, gelrit, gellan zamkı vb.) ilave edilir. Bitkinin kültürü ihtiyaç duyduğu sıcaklık ve fotoperiyoda göre, steril koşullarda yapılır. Bitki doku kültürü çalışmalarındaki başarı, bitkiye özgü tepki nedeniyle büyük ölçüde kültür ortamı bileşimi, kültür koşulları, genotip ve eksplant türüne vb. bağlıdır (Babaoğlu vd., 2001; Gürel vd., 2013; Kocaçalışkan, 2023).

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

Gottlieb Haberlandt, yapay besin ortamlarında izole bitki hücrelerini kültüre aldığında, esas olarak karmaşık çok hücreli organizmalar içindeki hücre-hücre ilişkileriyle ilgileniyordu (Haberlandt, 1902). Deneylerinin sonuçlarını tartışırken, dikkate değer hücre büyümesine rağmen hücre bölünmesinin asla gözlemlenmediğini belirtti. Hücre bölünmesini uyarmak için "büyüme enzimlerinin" gerekli olduğunu ileri sürdü ve besin çözeltilerine meristem dokusundan elde edilen özütlerin eklenmesini önerdi. Yaptığı çalışmalar sonucunda "Teorik olarak tüm bitki hücreleri tam bir bitkiye yol açabilir." olarak açıkladığı "totipotensi" kavramını ortaya attı, ancak ispat edemedi. Haberlandt' ın öncü yayınından elli yıldan daha uzun bir süre sonra Skoog ve Miller, kallus oluşturan bitki hücrelerini ortamdaki oksin-sitokinin dengesini manipüle ederek, filizleri veya kökleri yeniden canlandırmak üzere uyarılabildiğini keşfettiler (Skoog ve Miller, 1957). Bu bulgular 1960'lardan bu yana, prensipte tüm yüksek bitkilere uygulanabilir olan *in vitro* çoğaltma teknolojilerinin geliştirilmesini başlatmıştır (Preil, 2003). Süs bitkileri alanında ise orkidelerin kitlesel çoğaltımı ilk olarak yapıldı ve tek bir Cymbidium eksplantından yılda dört milyon bitki elde edilebileceğini hesaplandı (Morel, 1960). Bu keşif, orkide yetiştiricileri tarafından ticari doku kültürü laboratuvarlarının kurulmasına yol açmıştır.

Bu derlemede süs bitkileri üretimi ve geliştirilmesinde kullanılan bitki doku kültürü teknikleri ve yapılan güncel araştırmalar hakkında bilgiler verilmiştir.

2. BİTKİ DOKU KÜLTÜRÜ TEKNİKLERİ

Bitki doku kültürü teknikleri kullanılan eksplant kaynağına göre isimlendirilirler. Bunlar; embriyo kültürü, meristem kültürü, kallus kültürü, hücre kültürü, haploid kültürler, protoplast kültürüdür.

2.1.Meristem Kültürü

Mikroçoğaltım yöntemlerinde en başarılı sonuçlar meristem kültürü çalışmalarında alınmaktadır. Meristem kültürü, yaprak taslağı olmayan veya en fazla 1-2 yaprak taslağı olan meristem dokuların kültüre alınması işlemidir. Çiçekli bitkilerin üretiminde, meristem kültürü uygulamaları ile hızlı, yüksek kaliteli ve hastalıksız bitkiler elde edilebilmekte, çaprazlama sonucu elde edilen melez bitkiler meristem kültürü ile daha hızlı ve verimli bir şekilde çoğaltılmaktadır. Bu durum, çiçek üretiminde pazar

taleplerine hızlı bir şekilde yanıt verme yeteneği sağlamaktadır (Rout vd., 2006). Bu konuda yapılan bir çalışmada; Brezilya'ya özgü olan ve Hollanda, Almanya, Portekiz ve Amerika Birleşik Devletleri gibi diğer ülkelere ihraç edilen, minyatür süs ananas melezinin virüsten ari sağlıklı olarak vejetatif çoğaltılması için farklı yöntemler karşılaştırmıştır. Geleneksel çoğaltım 566 günde bitki başına 17 bitkicik, gövde kesimi 591 günde gövde başına 2-3 bitkicik, geleneksel mikroçoğaltma tekniği ise 778 günde dört alt kültürden sonra 1284 bitki üretmiştir. Bu çalışmanın sonucunda, sürgün uçlarının yetiştirilmesinin PMWaV kompleksini ortadan kaldırmak ve sağlıklı ana bitkiler elde etmek için etkili bir strateji olduğunu ve diğer ananas çeşitleri için de yararlı bir araç olabileceğini bildirilmiştir (Silva vd.,2021). Bir başka çalışmada ise, Xu ve arkadaşları (2022) tarafından geleneksel çoğaltma yöntemleri ile üretilmesi zor olan Ağaç Şakayığı (*Paeonia* sect. *Moutan)* meristematik nodüllerinin kültüre alınarak hızla çoğaltılabileceği bildirilmiştir.

Meristem kültürü aşamasında bitkinin gelişimi, besin ortamına eklenen şeker miktarının azaltılması, büyümeyi yavaşlatan engelleyici maddelerin ilave edilmesi ya da kültür odasındaki ışık, sıcaklık gibi çevre şartlarının değiştirilmesi gibi işlemler ile yavaşlatılır ya da -196ºC gibi düşük sıcaklıklarda durdurulur, bu uygulamalar sayesinde meristem dokuları uzun süreli muhafaza edilebilmektedir (Silva vd., 2018; Kaviani vd., 2022). İran'ın kuzey kesimindeki Hyrcanian ormanlarında nesli tükenmekte olan *Buxus sempervirens* mükemmel süs değerine sahip ancak şimşir yanıklığı hastalığı nedeniyle neslinin tükenme riski altındadır. Yapılan meristem kültürü çalışmaları sonucunda, bitkinin sürgün uçlarının *in vitro* depolama teknikleri ile koruma altına alınabileceği bildirilmiştir (Negahdar vd, 2021).

2.2. Embriyo Kültürü

Embriyonun, çiçeğin yumurtalığındaki tohum taslağı içinde devam eden gelişmesinin belirli bir safhasında, buradan alınarak besin ortamına transfer edilmesi ve geliştirilmesine "embriyo kültürü" denir. Embriyo kurtarma işleminin başarısı embriyonun boyutu ve yaşı, embriyonun sağlamlığı, çıkarma prosedürü, sterilizasyon, kültür ortamı, kültür ortamındaki takviyeler, ışık, sıcaklık vb. gibi çeşitli faktörlere bağlıdır. Embriyo düşüklüğü, tohum dormansisi, kendi kendine ve çapraz uyuşmazlık problemlerinin çözümü ve tür içi/türler arası/cinsler arası melez geliştirme,

haploid/double haploid üretim, üreme döngüsünün kısaltılması ve nadir bitkilerin çoğaltılması vb. yöntemler ile bitki iyileştirmede kullanılmıştır (González vd., 2023; Rogo vd., 2023). Asclepiadaceae ailesinin bir üyesi olan kelebek otu (*Asclepias tuberosa*) birçok ticari olarak arzu edilen özelliğe sahip olmasına rağmen tozlaşma ve düşük tohum tutumu gibi problemler nedeniyle yerel bitki fidanlıkları dışında çok az ticari üretim vardır. Bu nedenle bu bitkinin embriyo kültürü ile çoğaltılması ile ilgili çalışmalar yapılmış ve yüzey sterilizasyon teknikleri, çıkarma yöntemleri, tabakalaşma süreleri, ortam tipi/gücü ve embriyo hasat süresi dahil olmak üzere kelebek otu için başarılı bir embriyo kurtarma protokolü belirlenmiştir (Lewis vd., 2020). Dünya çapında yetiştirilen en önemli süs çiçeklerinden biri olan krizantemin üretimi toprak tuzluluğu probleminden dolayı ciddi şekilde engellemiştir. Krizantem cinsine yakın ve tuza dayanıklı bir tür olan *Crossostephium chinense*, üç krizantem bitki materyali ile melezlenmiştir. Polen çimlenmesi ve polen tüpü uzaması, bu cinsler arası melezlerdeki potansiyel melezleşme engellerini değerlendirmek için incelenmiştir. Daha sonra, embriyo kurtarma tekniği ile melezler elde edilmiştir. Geliştirilen prosedür ile güçlü tuz toleransına sahip yeni türler arası melezlerin başarı ile üretilebileceği bildirilmiştir (Li vd., 2023).

2.3. Kallus Kültürü

Kallus, bitki doku veya hücrelerinin tersine farklılaşmaya uğramaları sonucu oluşturdukları farklılaşmamış hücre yığınlarıdır. Başarılı kallus indüksiyonu bitki türüne, kullanılan eksplanta, kültür ortamına, kültür ortamındaki bitki büyüme düzenleyicilerine ve büyüme koşullarına bağlıdır. Kallus oluşumu ve büyümesinde oksin grubu bitki büyüme düzenleyicilerin rol oynadığı belirlenmiştir. Kallustan bitki gelişimi ise organogenez ve embriyogenez olmak üzere iki yolla olur. Kallustan bitki elde edilmesi amacı ile yapılan çalışmalarda besin ortamına eklenen “oksin/sitokinin” bitki büyüme düzenleyicilerinin oranları önemlidir. Oksin konsantrasyonu sitokininden çok fazla olursa veya ortamda sadece oksin bulunursa kök gelişimi, bunun tersine sitokinin konsantrasyonu oksinden fazla olursa veya ortamda oksin bulunmazsa sürgün gelişimi görülür. Eğer besin ortamında oksin ve sitokinin konsantrasyonu eşitse veya oksin sitokininden çok fazla değilse organ gelişimi olmaz kallus büyümesi olur. Ortamda hiç hormon bulunmazsa kallus büyüyemez. Kallustan direkt olarak organ gelişimi olmadan "embriyoid" adı verilen embriyo benzeri yapıların oluşmasına embriyogenez denir ve

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

daha sonra bu embriyolardan kök ve sürgün gelişimi olur. Bu yolla oluşan embriyolar zigotik olmayıp somatik olduğundan bunlara "somatik embriyo" ya da "embriyoid" ve bu yolla bitki elde edilmesine de "somatik embriyogenez" adı verilir (Melnyk, 2023). *Euonymus alatus* hücre süspansiyon kültürlerinden etkili bir bitki rejenerasyon sistemi kurmak için olgunlaşmamış embriyolardan embriyonik kallus oluşumu araştırılmıştır. Olgunlaşmamış zigotik embriyolar 1 mg/L 2,4-diklorofenoksi asetik asit (2,4-D) ile desteklenmiş Murashige ve Skoog (MS) ortamında inkübe edildiğinde embriyonik kallus oluşumu % 50 olarak belirlemiştir. Sonuç olarak; embriyonik hücre süspansiyon kültürlerinden elde edilen hücre agregatları iki kotiledonlu normal somatik embriyolara başarıyla dönüştürülmüştür (Woo vd., 2021). Ticari olarak önemli bir süs bitkisi olmasının yanı sıra tıbbi, yem, toprak koruma, lif kullanımları ve çevre kirliliğini azaltma kapasiteleri için de yetiştirilen Sansevieria' nın eşeyli çoğaltımı, yaşayabilir tohumların olmaması nedeniyle sınırlıdır ve üreme büyük ölçüde sürgünler veya çelikler tarafından vejetatif çoğaltma yoluyla yapılır. Ancak, bu yöntemler ise genetik olarak gelişme sınırlıdır. Catalano vd. (2023), yeni Sansevieria çeşitleri üretmek için *in vitro* somatik embriyogenez yöntemini kullanılmışladır. Bir başka önemli kesme çiçek, saksı ve bahçe ürünlerinden biri olan zambak çiçeği, gövde ve soğan pulları üzerinde oluşan soğancıklar gibi vejetatif organlar yoluyla üretilir ancak bu üretim, artan ticari ihtiyacı karşılayamamaktadır. Somatik embriyo indüksiyonu ile çoğaltımın araştırıldığı bir çalışmada farklı eksplant dokularının etkinlikleri, PIC konsantrasyonları, ışık ve karanlık kültür koşulları belirlenmiş ve iki aylık sürede rejene bitkiler elde edildiği bildirilmiştir (Yan vd., 2020).

Kallus kültürü uygulamalarındaki koşullar varyasyona neden olabilmektedir. Kallus kültürünün uzun süre devam ettirilmesi ve alt kültürler yapılması sonucu bazı hücrelerde poliploidi, kromozom sayısı azalması, kromozomal kırılmalar gibi genetik değişikler oluşur. Bu durum homojen bitkiler üretme açısından istenmeyen bir durum olmasının yanı sıra, ıslah açısından ise bir avantajdır. *Passiflora vitifolia*' nın yaprak ve gövde eksplantlarının 1,5 mg l^{-1} NAA ve 2-4, D içeren katı MS ortamında kültüre alınması sonucunda elde edilen kallusların genetik yapılarında, ortamların bileşim ve konsantrasyonlarının kromozomal instabilitesi üzerinde etkili olduğu belirtilmiştir (Chandana vd., 2021). Bazı türlerde kallus homojen bir kütle halindedir, varyasyon göstermez. Kallus kültürü yöntemi ile *Eustoma grandiflorum* bitkisi üzerinde yapılan bir

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

çalışmada, belirlenen protokole göre bu bitkilerin hızlı ve genetik olarak stabil ve hızla çoğaltılabileceği bildirilmiştir (Skrzypczak vd., 1993).

Kallus kültürü nadir türlerin korunması amacı ile de kullanılabilir. Polonya'da, 2001'de yeniden keşfedilene kadar soyu tükenmiş bir tür olarak kabul edilen *Ranunculus illyricus* için kültürün başlatılması, kallus çoğalması, sürgün rejenerasyonu ve çoğaltılması son olarak eş zamanlı köklenme sonuçlarını içeren bir mikroçoğaltım protokolü oluşturulmuştur. Elde edilen bitki materyalinin park alanlarına dikilerek, kentsel yeşilliğe çekici bir katkı olarak hizmet edebileceği ve bu esnada *ex situ* korunabileceği belirtilmiştir (Kocot vd., 2024).

2.4. Haploid Kültürler

Haploid bitkilerin üretiminde, anter ve yumurtalık kültürleri genetik olarak homozigot bireyler elde etmek için kritik bir araçtır ve bu durum, geleneksel ıslah yöntemlerine göre çok daha hızlı ve etkili bir şekilde sağlanabilmektedir (Lantos ve Pauk, 2021; Maıwan vd., 2022). Anter kültürü, bitkilerin anterlerinden mikrosporların izole edilmesi ve kültür ortamında embriyo indüksiyonunun sağlanması ile gerçekleştirilir. Ancak, anter kültürü uygulamalarında anter duvarlarının varlığı, diploid veya somatik kallusların gelişimine yol açabilir. Bu durum besin ortamına konulacak hormonlar ile kontrol edilmelidir, anterlerden uygun gelişme döneminde tek tek mikrosporların alınması ile yapılacak mikrospor kültürü daha saf haploid bitkilerin elde edilmesine olanak tanır (Ferrie ve Caswell, 2011). Yumurtalık kültürü ise; tohum taslağından yumurta hücresi döllenmeden önce yumurtalık veya tohum taslakları çıkarılması ve kültüre alınması ile haploid bitkilerin elde edilmesi yöntemidir. Yumurtalık kültürü ile haploid bitki elde etme oranı anter kültüründeki kadar yüksek değildir. Eğer döllenmemiş tohum taslakları ile polenler bir araya getirilirse döllenme gerçekleşebilir ve sonuç olarak melez çeşitler elde edilebilir. Ya da haploid bitkilerin elde edilmesi aşamasından sonra kafein, kloral hidrat, sülfamilamit yada kolçisin gibi antimitotik etkiye sahip maddeler ile 2,4-D ve orizalin gibi herbisitler uygulanarak dihaploidizasyon yapılabilir. Bu uygulamalardan sonra elde edilen bitkilerin ploidi seviyelerinin belirlenmesi önemli bir işlemdir. Bunlar fenotipik

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

yöntemler, stoma anatomisi, kromozom sayımı ve son yıllarda diğer yöntemlere göre kesin ve hızlı sonuç veren moleküler belirteçler ve akış sitometrisi yöntemleridir (Domblides vd., 2022). *Gerbera hybrida* dünya çapında en popüler süs bitkilerinden biridir. Ticari çeşitlerin çoğu yabani tip *G. jamesonii* ve *G. viridifolia'* nın çaprazlanmasıyla yetiştirildiğinden, *G. hybrida'* nın genomu oldukça heterozigottur. Homozigot bir genomun olmaması, ileri genetik tarama ve mutasyon haritalaması dahil olmak üzere moleküler genetik araştırmalar için zorluk oluşturmaktadır. Bu nedenle yapılan ovül kültürü çalışmasında, genotip, düşük sıcaklık ve ovüllerin gelişme mevsimleri gibi faktörler araştırılmıştır. Akış sitometrisi ile yapılan ploidi seviyesi ölçümleri, 288 ovülden türetilen rejenerantın haploid (%55,17) ve 218 hattın diploid (%41,76) olduğu saptamıştır. Rejenerantların genetik kararlılık analizi sonucunda ana bitkiye %100 benzerlik gösterdiği belirlenmiştir (Liv d., 2020).

2.5. Protoplast Kültürü

Protoplastlar, hücre çeperi olmayan bitki hücreleridir ve bu özellikleri sayesinde genetik materyal transferi ve hücre füzyonu gibi işlemler için idealdirler. Protoplast izolasyonu, hücre çeperlerinin enzimler ile eriterek protoplastların serbest olarak elde edilmesidir. Kültür ortamı olarak MS agar ortamı kullanılır. Hücre ilk olarak hücre çeperini oluşturur. Bu aşamadan sonra protoplastlar bölünür, koloniler oluşturur her koloni daha sonra kallus halinde gelişir. Bu aşamadan sonra besin ortamına koyulacak oksin, sitokinin hormonlarına göre kalluslardan sürgün ve kök geliştirilir. Protoplast hücrelerinin çeper içermemesi gen aktarımı ve "somatik melezleme" olarak adlandırılan somatik hücrelerin birleştirilerek yeni çeşitlerin elde edilmesini, hastalık ve strese dayanıklılık genlerinin kültür bitkilerine aktarılmasını sağlar (Mehbub vd., 2022). Popüler süs bitkisi *Petunya,* doku kültüründe değerli bir model bitkidir. Tu vd. (2023) tarafından yapılan çalışmada bitkinin izole edilen protoplastlarının, kallus, sürgün ve kök rejenerasyonları aşamasındaki hücresel dönüşümleri, çeşitli fitohormon kombinasyonları kullanılarak araştırılmış, aktif olan genler ve optimum protoplast kültür koşulları belirlenmiştir. Moleküler genetik alanındaki araştırmalarda da protoplast

kültürü kullanılmaktadır. *Petunia hybrida* cv. Mirage Rose ve 11 petunya çeşidi ile yapılan bir başka çalışmada ise protoplast izolasyon protokolü tekrar optimize edilmiştir. Ayrıca, Mirage Rose çeşidinin protoplastlarında yeşil floresan proteininin (GFP) yüksek geçici ekspresyonu için çeşitli faktörler (protoplast yoğunluğu, plazmit DNA miktarı, PEG'nin son konsantrasyonu ve transfeksiyon süresi gibi) araştırılmıştır. Tüm çeşitlerin transfekte edilmiş protoplastlarının çekirdeğinde yeşil floresan proteininin (eGFP) geçici ifadesi PCR kullanılarak doğrulanmıştır. Belirlenen yöntemin, kümelenmiş düzenli aralıklarla kısa palindromik tekrarlar (CRISPR/Cas9 RNP) teknolojisi kullanılarak petunyalardaki istenmeyen genlerin genom düzenlemesi için uygulanmasında değerli olabileceği ve petunyalardaki protein alt hücresel lokalizasyonu, protein-protein etkileşimleri ve işlevsel gen ifadesi üzerine yapılacak çalışmalara katkıda bulunabileceği bildirilmiştir.

3. SONUÇ

Bitki doku kültürü, çok disiplinli bir alan olarak, tarım, biyoteknolojisi ve çevre bilimleri gibi birçok alanda önemli bir rol oynamaktadır. Yapılan çalışmalar temel ve uygulamalı bilimlere katkı sağlar. Dünya çapında birçok ticari laboratuvar ve ulusal araştırma enstitüsü *in vitro* hızlı bitki çoğaltımı, germ plazması muhafazası, patojenlerin ortadan kaldırılması, genetik manipülasyonlar ve ikincil metabolit üretimi için bitki doku kültürü yöntemlerini kullanmaktadır. Kültür işlemlerinin daha kolay, hızlı ve az maliyetle yapılması için gen teknolojileri, biyoreaktörler, led teknolojileri gibi bilimsel ve teknolojik gelişmelerden yararlanılması ve kültür sistemlerine entegrasyonu konusunda çalışmalar yapılması, bu alandaki potansiyeli daha da artıracaktır.

KAYNAKÇA

Francini, A., Romano, D., Toscano, S., Ferrante, A. The Contribution of Ornamental Plants to Urban Ecosystem Services. Earth, *3*(4), 1258-1274, 2022.

White, P.R. Glycine in the Nutrition of Excised Tomato Roots. Plant Physiol. 14, 527–538, 1939

Murashige, T, Skoog, F, A Revised Medium for Rapid Growth and Bioassays with Tobacco Tissue Cultures, Physiologia Plantarum, 15, 473-497, 1962.

Babaoğlu, M., Gürel, E., Özcan, S., Bitki Biyoteknolojisi Vol 1 ”Doku Kültürü Uygulamaları. S.S.Ü. Vakfı Yayınları, ISBN: 975-6652- 04-7, 2001.

Gürel, A., Hayta, Ş., Nartop, P., Bayraktar, M., Fedakar S. O. Bitki Hücre, Doku ve Organ Kültürü Uygulamaları. Ege Üniversitesi Yayınları Yayın No: 58, 2013.

Kocaçalışkan, İ., Doku ve Hücre Kültürü Teknikleri. Nobel Yayın Dağıtım, 156 s., Ankara, 2023.

Haberlandt, G. Culturversuehe mit Isolierten Pflanzenzellen. Sitzungsber. Akad. Wiss. Wien Math. Nat. 111, 69–92, 1902.

Skoog, F., Miller, C. O. Chemical Regulation of Growth and Organ Formation in Plant Tissues Cultured *in vitro*. Symposia of the Society for Experimental Biology, 11, 118–130, 1957.

Preil, W. Micropropagation of Ornamental Plants. In: Laimer, M., Rücker, W. (eds) Plant Tissue Culture. Springer, Vienna, 2003.

Morel, G.M. Producing Virus-free Cymbidiums. Amer. Orchid Soc. Bull. 29, 495–497, 1960.

Rout, G. R., Mohapatra, A., Jain, S. M. Tissue Culture of Ornamental Pot Plant: A Critical Review on Present Scenario and Future Prospects. Biotechnology Advances, 24(6), 531-560, 2006.

Silva, B., Souza, E., Oliveira, R., Ledo, C., Souza, F., Strategies for Vegetative Propagation and Viral Cleaning of a Miniature Ornamental Pineapple Hybrid. Acta Scientiarum Biological Sciences. 43, 2021.

Xu, L., Cheng, F., Zhong, Y. Efficient Plant Regeneration via Meristematic Nodule Culture in *Paeonia ostii* ‘Feng Dan’. Plant Cell, Tissue and Organ Culture (PCTOC), 149(3), 599-608, 2022.

Silva, D., Ozudogru, E., Reis, M., Lambardi, M. *In vitro* Conservation of Ornamental Plants (1). Ornamental Horticulture, 24, 28-33, 2018.

Kaviani, B., Kulus, D. Cryopreservation of Endangered Ornamental Plants and Fruit Crops from Tropical and Subtropical Regions. Biology, 11(6), 847, 2022.

Negahdar, N., Hashemabadi, D., Kaviani, B. *In vitro* Conservation and Cryopreservation of *Buxus sempervirens* L., A Critically Endangered Ornamental Shrub. Russian Journal of Plant Physiology, 68, 661-668, 2021.

González, R., Campos, E., Arteaga, S., Merino, H. K., Domínguez, J. M. *From Wild Species to Ornamental Crops: A Never-Ending Story.* In XXVII International EUCARPIA Symposium Section Ornamentals: From Nature to Culture-Breeding Ornamentals for Sustainability 1383 (pp. 1-10), 2023.

Rogo, U., Fambrini, M., Pugliesi, C. Embryo Rescue in Plant Breeding. Plants, 12(17), 3106, 2023.

Lewis, M., Chappell, M., Zhang, D., Maynard, R. Development of an Embryo Rescue Protocol for Butterfly Weed. HortTechnology, 30(1), 31-37, 2020.

Li, H., Zhong, J., Guo, Z. Y., Wang, Y. X., Lu, Y. F., Li, D. W., ... Sun, M. *Embryo Age and Culture Medium Determine the Efficacy of Embryo Rescue in Hybridizations Between Crossostephium chinense (L.) Makino and Chrysanthemum spp.* In IV Asian Horticultural Congress-AHC2023 1404, 2023.

Melnyk, C. W. Quantitative Regeneration: Skoog and Miller Revisited. Quantitative Plant Biology, 4, e10, 2023.

Woo, HA., Ku, S.S., Jie, E.Y., Kim, H., Kim, H.S., Cho, H.S., Jeong, W.J., Park, U.S., Min, S.R., Kim, W.K., Efficient Plant Regeneration from Embryogenic Cell Suspension Cultures of *Euonymus alatus*. Sci Rep 11, 15120, 2021.

Catalano, C., Carra, A., Carimi, F., Motisi, A., Sajeva, M., Butler, A., ... & Abbate, L. Somatic Embryogenesis and Flow Cytometric Assessment of Nuclear Genetic Stability for Sansevieria spp.: an Approach for *in vitro* Regeneration of Ornamental Plants. Horticulturae, 9(2), 138, 2023.

Yan, R., Wang, C., Wang, J., Nie, R., Sun, H. High-efficiency Somatic Embryogenesis Techniques for Different Hybrids of Cut Lilies. Plant Cell, Tissue and Organ Culture (PCTOC), 143, 145-157, 2020.

Chandana, K. P., Kumar, N. H., Prithviraj, H. S., Jagannath, S. *In vitro* Cytological Studies of *Passiflora vitifolia* Kunth an Important Medicinal and Ornamental plant, 2021.

Skrzypczak, L., Wesołowska, M., Budsianowski, J. *Eustoma grandiflorum* Shinn (Texas Bluebell): Callus culture, Micropropagation, and the Production of Gentiopicroside and other Secondary Metabolites. Medicinal and Aromatic Plants V, 192-201, 1993.

Kocot, D., Nowak, B. & Sitek, E. Long-term Organogenic Callus Cultivation of *Ranunculus illyricus* L.: a Blueprint for Sustainable *ex situ* Conservation of the Species in Urban Greenery, BMC Plant Biol 24, 212, 2024.

Lantos, C., Pauk, J. *In vitro* Anther Culture for Doubled Haploid Plant Production in Spelt Wheat. Doubled Haploid Technology: Volume 1: General Topics, Alliaceae, Cereals, 257-266, 2021.

Maıwan, N., Yıldız, M., Salih, S., Luna, S. An Overview of Haploid and Double Haploid Production Methods in Wheat. Black Sea Journal of Agriculture, 5(3), 344-350, 2022.

Ferrie, A.M.R., Caswell, K.L. Isolated Microspore Culture Techniques and Recent Progress for Haploid and Doubled Haploid Plant Production. Plant Cell Tiss Organ Cult, 104, 301–309, 2011.

Domblides, E., Ermolaev, A., Belov, S., Kan, L., Skaptsov, M., Domblides, A. Efficient Methods for Evaluation on Ploidy Level of *Cucurbita pepo* L. Regenerant Plants Obtained in Unpollinated Ovule Culture In Vitro, Horticulturae, 8(11), 1083, 2022.

Li, F., Cheng, Y., Zhao, X. Yu, R., Li, H., Wang, L., Shenchong, L., Shan, Q., Haploid induction via unpollinated ovule culture in *Gerbera hybrida*. Sci Rep 10, 1702, 2020.

Mehbub, H., Akter, A., Akter, M. A., Mandal, M. S. H., Hoque, M. A., Tuleja, M., Mehraj, H. Tissue Culture in Ornamentals: Cultivation Factors, Propagation Techniques, and Its Application. Plants, 11(23), 3208, 2022.

Tu, L., Subburaj, S., Lee, K., Jeon, Y., Yan, F., Yao, J., Kim, Y. S., Koo, O. J., Lee, G. J. Optimized Regeneration of Petunia Protoplast and Its Association with Tissue Identity Regulators. Horticulturae, 9(2), 216, 2023.

Kang, H., Naing, A.H., Park, S.K., Chung, M.Y., Kim, C.K., Protoplast Isolation and Transient Gene Expression in Different Petunia Cultivars. Protoplasma 260, 271–280, 2023.

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

AL 7075-T6 ALAŞIMININ TORNALAMA İŞLEMİNDE KESME AÇILARININ GÜÇ VE ÖZGÜL ENERJİ TÜKETİMİNE ETKİSİ

THE EFFECT OF CUTTING ANGLES ON POWER AND SPECIFIC ENERGY CONSUMPTION IN TURNING AL 7075-T6 ALLOY

Dr. Öğr. Üyesi Kutay AYDIN

Amasya Üniversitesi, Makine Mühendisliği Bölümü, Amasya/Türkiye

kutay.aydin@amasya.edu.tr - ORCID: 0000-0003-3614-4877

Prof. Dr. Levent UĞUR

Amasya Üniversitesi, Makine Mühendisliği Bölümü, Amasya/Türkiye

leventozge@gmail.com - ORCID: 0000-0003-3447-3191

ÖZET

Al7075-T6, yüksek mukavemet ve sertlik değerleriyle öne çıkan, havacılık ve savunma sanayisinde yaygın olarak kullanılan bir alüminyum alaşımıdır. Yüksek dayanıklılığı ve mükemmel mekanik özellikleri sayesinde yapısal parçalarda tercih edilen bu alaşım, aynı zamanda işlenebilirlik açısından zorluklar barındırmaktadır. Bu bağlamda, kesme sırasında kullanılan takım geometrisinin optimize edilmesi hem enerji tüketiminin azaltılması hem de işleme performansının artırılması açısından kritik öneme sahiptir. Kesme açılarının, özellikle talaş açısı, eğiklik açısı ve ayar açısının, kesme gücü ve özgül kesme enerjisi üzerindeki etkileri bu çalışmanın temelini oluşturmuştur. Enerji tüketiminin, üretim verimliliği ve sürdürülebilirlik açısından kritik olduğu göz önüne alındığında, bu parametrelerin optimizasyonu büyük önem taşımaktadır. Bu nedenle bu çalışmada, Al7075-T6 alaşımının tornalama işleminde kesme parametreleri sabit tutulmuş (kesme hızı 100m/dk, ilerleme 0,1mm/dev, kesme derinliği 0,75mm) ve kaplamasız karbür takımlar kullanılarak talaş açısı, eğiklik açısı ve ayar açısının etkileri incelenmiştir. Çalışmamızda Sonlu Elemanlar Metodu (FEM) ve Yapay Sinir Ağı (ANN) modelleriyle analizler gerçekleştirilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre, kesme gücü talaş açısı için 5° (331,64W), eğiklik açısı için 0° (339,97W) ve ayar açısı için 30° (320,45W) olduğunda minimum seviyeye ulaştığı tespit edilmiştir. Özgül kesme enerjisi açısından ise en düşük değerler sırasıyla talaş açısı için 5° (2,665J/mm³), eğiklik açısı için 0° (2,735J/mm³) ve ayar açısı için 15° (2,580J/mm³) olarak belirlenmiştir. FEM ve ANN analizleri, deney sonuçlarıyla büyük ölçüde uyum göstermiştir. Sonuç olarak, bu çalışma kesme açılarının enerji tüketimi üzerindeki etkisini kapsamlı bir şekilde ortaya koymakta ve takım geometrisinin optimizasyonu için önemli bulgular sunmaktadır. Bu tür çalışmalar, enerji verimliliğini artırma ve maliyetleri azaltma açısından endüstriyel uygulamalara önemli katkılar sağlayabilir.

Anahtar Kelimeler: Tornalama, Al 7075-T6, Kesme gücü, Özgül enerji tüketimi

ABSTRACT

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

Al7075-T6 is an aluminum alloy that stands out with its high strength and hardness values and is widely used in the aerospace and defense industry. This alloy, which is preferred for structural parts thanks to its high strength and excellent mechanical properties, also poses machinability challenges. In this context, optimizing the tool geometry used during cutting is critical for both reducing energy consumption and improving machining performance. The effects of cutting angles, especially side-rake-angle, back-rake-angle and lead-angle, on cutting power and specific cutting energy are the basis of this study. Considering that energy consumption is critical for production efficiency and sustainability, optimization of these parameters is of great importance. Therefore, in this study, the effects of side-rake-angle, back-rake-angle and lead-angle were investigated in the turning of Al7075-T6 alloy using uncoated carbide tools with constant cutting parameters (cutting speed 100m/min, feed 0.1mm/rev, depth-of-cut 0.75mm). In our study, Finite Element Method(FEM) and Artificial Neural Network(ANN) models were used. According to the results obtained, it was found that the cutting power reached the minimum level when the side-rake-angle was 5° (331.64W), the back-rake-angle was 0° (339.97W) and the lead-angle was 30° (320.45W). In terms of specific cutting energy, the lowest values were determined as 5° for side-rake-angle (2,665J/mm³), 0° for back-rake-angle (2,735J/mm³) and 15° for lead-angle (2,580J/mm³). The FEM and ANN analyses showed good agreement with the experimental results. In conclusion, this study comprehensively demonstrates the effect of cutting angles on energy consumption and provides important findings for optimization of tool geometry. Such studies can make significant contributions to industrial applications in terms of improving energy efficiency and reducing costs.

Key Words: Turning, Al 7075-T6, Cutting power, Specific energy consumption

1. GİRİŞ

Alüminyum alaşımları, hafiflik, dayanıklılık ve mükemmel işlenebilirlik özellikleriyle havacılık, otomotiv ve savunma sanayii gibi kritik endüstrilerde yoğun bir şekilde kullanılmaktadır. Bu alaşımlar arasında yer alan Al 7075-T6, yüksek mukavemet, korozyon direnci ve üstün mekanik özellikleri sayesinde özellikle yapısal bileşenlerin üretiminde tercih edilmektedir [1]. Ancak, bu üstün özellikler aynı zamanda işleme sırasında yüksek kesme kuvvetleri, sıcaklık oluşumu ve takım aşınması gibi zorlukları beraberinde getirir [2]. Dolayısıyla, Al 7075-T6'nın işlenmesi sırasında kesme parametrelerinin optimize edilmesi, enerji tüketimini azaltmak ve işleme verimliliğini artırmak için önemli bir hale gelmiştir.

Kesme işlemleri sırasında takım geometrisinin uygun şekilde optimize edilmesi, enerji tüketimini azaltmak, yüzey kalitesini iyileştirmek ve takım ömrünü uzatmak için kritik bir faktördür. Talaş açısı, eğiklik açısı ve ayar açısı gibi kesme açılarının doğru ayarlanması, işleme sürecinde enerji verimliliğini doğrudan etkiler. Literatürde yapılan araştırmalar, bu açılar üzerinde yapılan iyileştirmelerin işleme performansını önemli ölçüde artırdığını göstermiştir [3]. Ayrıca, çevre dostu işleme stratejileri, özellikle minimum yağlama (MQL) ve kuru kesme yöntemleri, enerji verimliliği üzerinde olumlu etkiler yaratmıştır [2].

Son yıllarda, geleneksel deneysel yöntemlerin yanı sıra Sonlu Elemanlar Metodu (FEM) ve Yapay Sinir Ağı (ANN) gibi hesaplamalı yöntemler, işleme parametrelerinin ve takım

geometrisinin optimize edilmesinde giderek daha yaygın bir şekilde kullanılmaktadır [4-6]. FEM, kesme işlemi sırasında oluşan mekanik ve termal etkileri detaylı bir şekilde analiz ederek kesme kuvvetlerini ve sıcaklık dağılımını tahmin etmede yüksek doğruluk sağlamaktadır [7]. Diğer yandan, ANN, kesme kuvvetleri, enerji tüketimi ve yüzey kalitesi gibi çıktıların tahmin edilmesi ve optimize edilmesi için güçlü bir yöntem olarak öne çıkmaktadır. Özellikle ANN tabanlı yaklaşımlar, işleme sırasında enerji tüketimini %10-20 oranında azaltmak için etkili parametre kombinasyonlarını belirleyebilir [8].

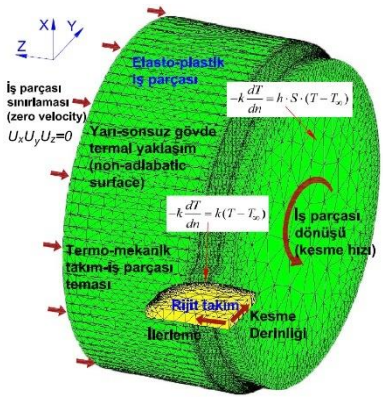
FEM ve ANN'nin birlikte kullanımı, özellikle enerji tüketimini ve işleme verimliliğini optimize etmek için etkili bir yöntemdir. FEM, fiziksel kesme olaylarını detaylı bir şekilde modelleyerek, takım geometrisinin performans üzerindeki etkilerini anlamayı sağlar. ANN ise bu verileri kullanarak, enerji tüketimi ve yüzey kalitesi gibi parametrelerin tahmini ve optimizasyonu için güçlü bir araç sunar [9]. Bununla birlikte, bu hesaplamalı yöntemler, deneysel süreçlerin maliyetini azaltarak üretim sürecinde önemli bir maliyet avantajı sağlamaktadır [1].

Bu çalışmada, Al 7075-T6 alaşımının tornalama işleminde talaş açısı, eğiklik açısı ve ayar açısının kesme gücü ve özgül enerji tüketimi üzerindeki etkileri araştırılmıştır. Kaplamasız karbür takımlar kullanılarak sabit kesme parametreleri (kesme hızı 100 m/dk, ilerleme 0,1 mm/dev, kesme derinliği 0,75 mm) altında gerçekleştirilen bu analizler, FEM ve ANN modelleriyle desteklenmiştir. Çalışma, işleme sırasında enerji tüketimini minimize etmek ve yüzey kalitesini optimize etmek için optimal kesme açılarını belirlemeyi hedeflemektedir.

2. YÖNTEM

2.1. Sonlu Elemanlar Metodu

Sonlu eleman analizleri (FEM) Third Wave Advantedge® yazılımı ile sürdürülmüştür. Bu sonlu eleman yazılımı, iki ve üç boyutlu talaş kaldırma operasyonları tasarlanmış bir programdır. Ayrıca bu yazılım, iterasyon sürecinde updated-Lagrangian metodu ve yeniden mesh yapısı oluşturma teknikleri kullanır. Tornalama simülasyonları üç boyutlu olarak yapılmıştır. FEM simülasyonlarında doğru çözüme ulaşmak için mesh yapısı oldukça önemlidir. İç malzemesi ve kesici takımın mesh yapısında, 4 nokta, 12 serbestlik dereceli (dof) tetrahedral sonlu elemanlar kullanılmıştır. Maksimum düğüm sayısı 24000 olarak belirlenmiştir. İş malzemesi ve kesici takım başlangıç ve sınır şartları Görsel 1'de verilmiştir.

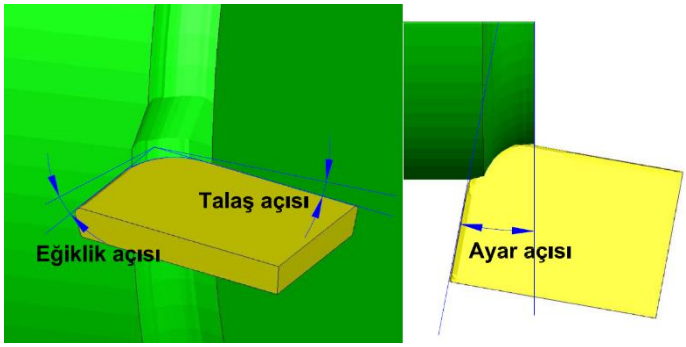


Görsel 1. FEM modeli sınır şartları ve mesh yapısı

Çalışmada iş malzemesi olarak havacılık alaşımı olan 7000 serisi alüminyum alaşımı Al 7075-T6 kullanılmıştır. Kesici takım malzemesi olarak CPGA-120404 ISO kodlu kaplamasız karbür

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

tornalama uçları kullanılmıştır. Tornalama uçlarının geometrik parametreleri, 80º köşe açılı baklava profil (C), 11º boşluk açısı (P), 0,4 mm burun yarıçapı ve 0,04 mm kesici kenar yuvarlama yarıçapı olarak seçilmiştir. Çalışmada kesme parametreleri sabit tutulmuş ve literatürdeki çalışmalar incelenerek kesme hızı 100 m/dk, ilerleme 0,1 mm/dev ve kesme derinliği 0,75 mm olarak belirlenmiştir [10,11]. Talaş kaldırma sürecinde kesme sıvısı tanımlanmamış olup kuru kesme işlemi yapılmıştır. İşleme parametreleri olarak farklı tornalama kesme açıları kullanılmıştır. Talaş açısı, Eğiklik açısı ve Ayar açısı olarak üç faktör belirlenmiştir (Görsel 2). Her bir faktör için üç seviye seçilerek tam faktöriyel deney düzeni oluşturulmuştur. Çıktı olarak kesme güçleri ve özgül kesme enerjileri değerlendirilmiştir (Çizelge 1).



Görsel 2. Tornalama sürecinde kesme açıları

Çizelge 1. Sonlu eleman ve yapay sinir ağı analizlerinde kullanılan işleme parametreleri

Seviye	**Faktör**		
	Talaş açısı	**Eğiklik açısı**	**Ayar açısı**
1 (FEM)	-5	-5	0
2 (ANN)	-2,5	-2,5	15
3 (FEM)	0	0	30
4 (ANN)	2,5	2,5	45
5 (FEM)	5	5	60
Çıktı	Kesme gücü (W)		
	Özgül kesme enerjisi (J/mm^3)		

Talaş kaldırma simülasyonlarında geçekleşen dinamik gerilim değişimleri, yüksek plastik deformasyon ve ısı üretimi sebebiyle seçilen malzeme modeli çözüm doğruluğu açısından son derece önemlidir. Simülasyonlarda malzeme modeli olarak, metaller ve sünek malzemeler için kullanılması uygun olan Johnson-Cook malzeme modeli (Eşitlik 1) kullanılmıştır. Talaş formları ile ilgili bir değerlendirme yapılmayacağı için hasar modeli uygulanmamıştır. Sürtünme modeli olarak Coulomb sürtünme modeli tanımlanmıştır (Eşitlik 2). Alüminyum alaşım ve Tungsten karbür malzeme arasındaki sürtünme katsayısı, literatürdeki çalışmalar incelenerek 0,3 olarak belirlenmiştir [12]. Al 7075-T6 alaşımı için malzeme mekanik özelikleri Çizelge 2'de ve Johnson-Cook model parametreleri ise Çizelge 3'te verilmiştir.

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

$$\sigma = \underbrace{[A + B\varepsilon^n]}_{\text{Elasto-Plastik}} \underbrace{\left[1 + C \ln\left(\frac{\dot{\varepsilon}}{\dot{\varepsilon}_0}\right)\right]}_{\text{Viskozite}} \underbrace{\left[1 - \left(\frac{T - T_{room}}{T_{melt} - T_{room}}\right)^m\right]}_{\text{Termal Yumuşama}} \quad (1)$$

Burada σ akış gerilimi, ε gerinim, $\dot{\varepsilon}$ gerinim oranı ve $\dot{\varepsilon}_0$ referans gerinim oranını ifade etmektedir. T, T_{melt} ve T_{room} sembolleri sırasıyla kesme sıcaklığı, iş malzemesinin erime sıcaklığı ve ortam sıcaklığını göstermektedir. A akma dayanımı, B pekleşme modülü, n pekleşme katsayısı, C gerinim oranı bağımlılık katsayısı ve m termal yumuşama katsayısı olarak ifade edilmektedir.

$$F_f = \mu F_n \quad (2)$$

Burada F_f sürtünme kuvveti, μ sürtünme katsayısı ve F_n normal kuvvet olarak ifade edilmektedir.

Çizelge 2. Al 7075-T6 alaşımın fiziksel ve mekanik özellikleri

Özellik	**Değer**
Termal iletkenlik (W/mK)	41,7
Özgül ısı (J/kgK)	361
Yoğunluk (kg/m^3)	7850
Termal genleşme katsayısı (1/°C)	1,19E-5
Young modülü (GPa)	200
Poisson oranı	0,3

Çizelge 3. Al 7075-T6 alaşımın Johnson Cook malzeme model parametreleri [13]

***A* (MPa)**	***B* (MPa)**	***n***	***T*$_{melt}$ (°C)**	***T*$_{room}$ (°C)**	***m***	***C***	**$\dot{\varepsilon}_0$ (1/s)**
598	768	0,2092	1416	20	0,807	0,0137	1

2.1. Yapay Sinir Ağı Metodu

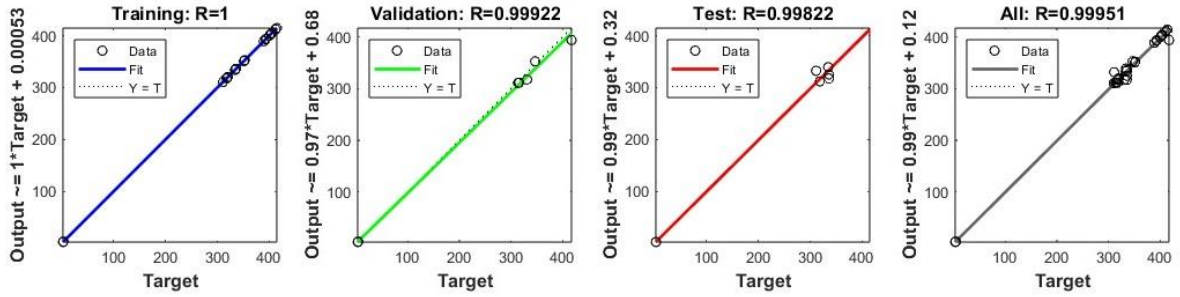
Yapay sinir ağı analizleri (ANN) MATLAB® yazılımı ile yapılmıştır. ANN modeli 3 girdi, 2 çıktı, 1 gizli katman ve 10 nöron sayısı ile 3-10-2 yapısında kurulmuştur. Tüm ANN parametreleri Çizelge 4'te verilmiştir. Eğitim, test ve doğrulama verileri sırasıyla %60, %20 ve %20 oranlarıyla "dividerand" fonksiyonu ile ayrıştırılmıştır. Optimum ANN parametrelerinin belirlenebilmesi için farklı transfer fonksiyonları, öğrenme algoritmaları ve nöron sayıları ile ANN model denemeleri yapılmıştır. Performans kriteri olarak regresyon katsayıları (R) ve en iyi doğrulama değeri için hataların karelerinin ortalaması (MSE) değerleri kullanılmıştır. Sonuç olarak en yüksek performans "trainbr" öğrenme algoritması ve "tansig" transfer fonksiyonu (Eşitlik 3) ile elde edilmiştir. Bayesian regularization (trainbr) algoritması, diğer öğrenme algoritmalarına göre daha uzun çözüm süresi gerektirmesine rağmen küçük, karmaşık ve gürültülü çözüm kümeleri için yüksek doğrulukta bir çözümleme üretir [14]. Çalışma için kurulan ANN modelinin Regresyon katsayıları Görsel 3'te ve en iyi doğrulama hata değeri Görsel 4'te verilmiştir.

Çizelge 4. ANN model parametreleri

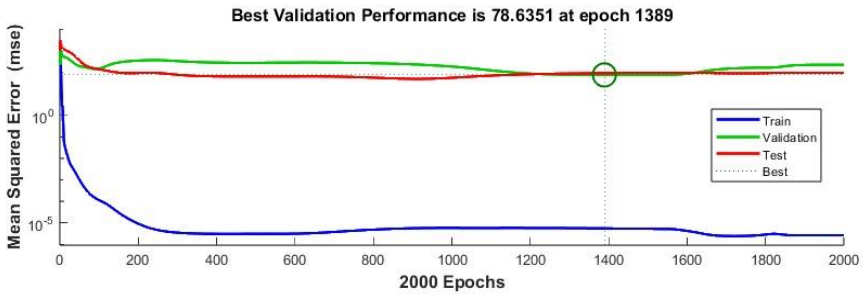
Parametre	**Değer**
Gizli katman sayısı	1
Nöron sayısı	10
Maksimum iterasyon sayısı	2000
Öğrenme oranı (lr)	0,000005
Eğitim veri oranı (rastgele)	60%
Doğrulama veri oranı (rastgele)	20%
Test veri oranı (rastgele)	20%
Öğrenme algoritması	trainbr (bayesian regularization)
Transfer fonksiyonu	tansig (tangent sigmoid)
Öğrenme kuralı	Geri yayılım

$$f(N) = \tanh(N) = \frac{2}{1+e^{-2N}} - 1 \tag{3}$$

Burada *f(N)* hiperbolik tanjant sigmoid transfer fonksiyonudur.



Görsel 3. ANN modelinin eğitim, doğrulama ve test regresyon katsayıları



Görsel 4. ANN modelinin en iyi doğrulama performansı

3. BULGULAR VE TARTIŞMA

Çalışmanın ilk aşamasında üçer seviyeye sahip farklı kesme açıları kullanılarak (talaş açısı, eğiklik açısı ve ayar açısı) tam faktöriyel düzende 27 adet sonlu eleman simülasyonu (FEM) yapılmıştır. FEM simülasyonları ile kesme güçleri elde edilmiştir. Talaş kaldırma sürecindeki talaş kaldırma oranları (MRR) ve kesme gücü sonuçları ile özgül kesme enerjileri hesaplanmıştır. Talaş kaldırma sürecinde, kesme hızı (*v*), ilerleme (*f*) ve kesme derinliği (*ap*) parametreleri sabit tutulduğu için MRR değerleri tüm tornalama işlemleri için sabit ve 125 mm^3/s olarak hesaplanmıştır (Eşitlik 4). Kesme gücü ve MRR değerleri ile özgül enerji

tüketiminin (SEC) elde edilmesi Eşitlik 5'te ifade edilmiştir. Kesme güçleri ve özgül enerji tüketim miktarları ile yapay sinir ağı (ANN) modeli eğitilmiştir (eğitim verileri). Daha sonra her bir bağımsız faktöre ikişer seviye daha eklenerek (Çizelge 1). ANN tahminleri (test verileri) yapılmıştır. Elde edilen sonuçlar ile kesme açılarının, kesme güçleri ve özgül kesme enerjileri üzerindeki etkileri değerlendirilmiştir.

$$MRR = \frac{v.f.ap.1000}{60} \ (mm^3/s) \tag{4}$$

$$SEC = \frac{P_{kesme}}{MRR} \ (J/mm^3) \tag{5}$$

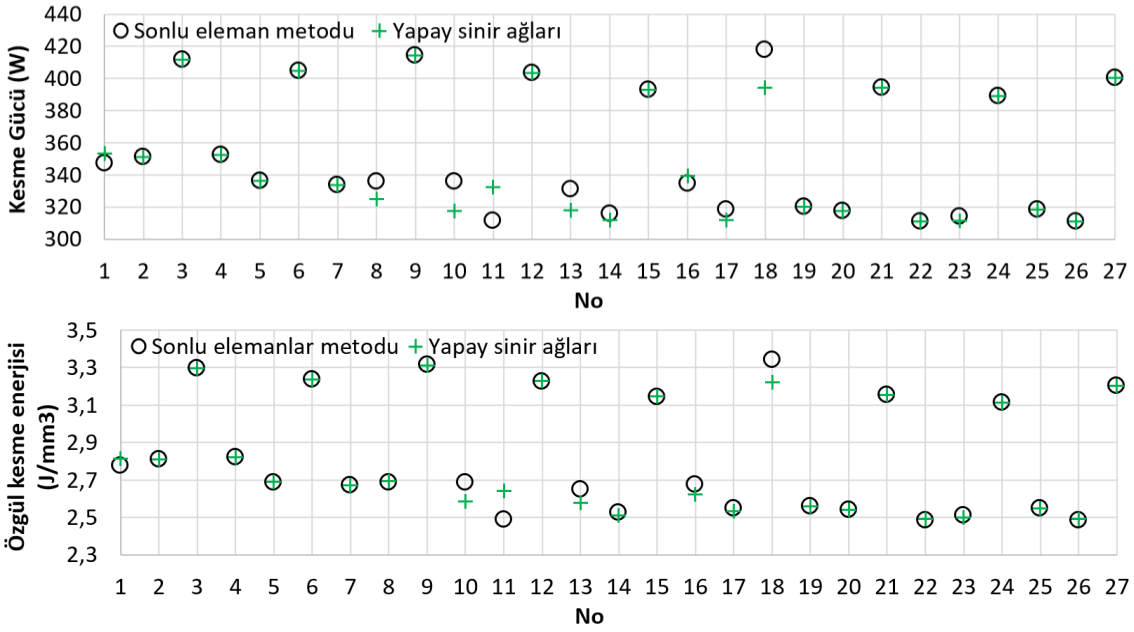
Tam faktöriyel düzendeki FEM simülasyon sonuçları Çizelge 5'te verilmiştir. FEM sonuçları ile ANN modelinin eğitim verilerinin karşılaştırılması Görsel 5'te verilmiştir. Grafiklerde, FEM analizleri siyah çemberler ve ANN eğitimleri ise yeşil artı sembolleri ile gösterilmiştir. Grafikler incelendiğinde kurulan ANN modelinin tutarlı olduğu ve FEM simülasyonları ile yüksek oranda uyuştuğu anlaşılmaktadır. Buna destek olması açısından yüzdesel hata oranları Görsel 6'da verilmiştir. Ortalama hata oranları, kesme gücü için %1,2 ve özgül enerji tüketimi için %0,82 olarak oldukça düşük seviyededir.

Çizelge 5. FEM simülasyon sonuçları

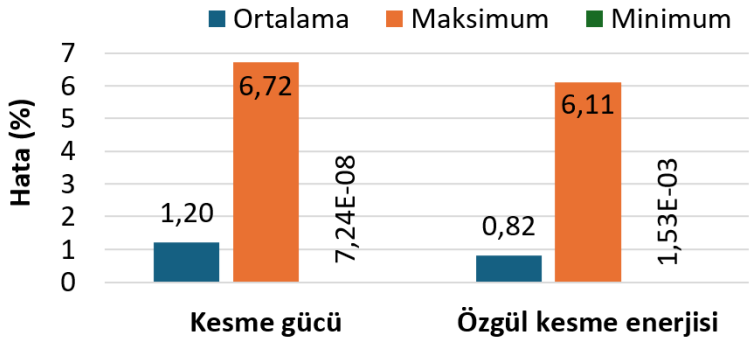
No	Talaş açısı	Eğiklik açısı	Ayar açısı	Kesme gücü (*W*)	Özgül kesme enerjisi (*J/mm*^{3})
1	-5	-5	0	347,15	2,777
2	-5	-5	30	351,16	2,809
3	-5	-5	60	411,89	3,295
4	-5	0	0	352,55	2,820
5	-5	0	30	336,05	2,688
6	-5	0	60	404,72	3,238
7	-5	5	0	333,84	2,671
8	-5	5	30	335,75	2,686
9	-5	5	60	414,48	3,316
10	0	-5	0	335,65	2,685
11	0	-5	30	311,21	2,490
12	0	-5	60	403,36	3,227
13	0	0	0	331,21	2,650
14	0	0	30	315,79	2,526
15	0	0	60	393,11	3,145
16	0	5	0	334,43	2,675
17	0	5	30	318,45	2,548
18	0	5	60	417,79	3,342
19	5	-5	0	320,07	2,561
20	5	-5	30	317,61	2,541
21	5	-5	60	394,24	3,154
22	5	0	0	310,81	2,486
23	5	0	30	314,05	2,512
24	5	0	60	389,25	3,114
25	5	5	0	318,52	2,548
26	5	5	30	310,77	2,486

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

27	5	5	60	400,32	3,203



Görsel 5. FEM simülasyonları ve ANN eğitim verilerinin karşılaştırılması



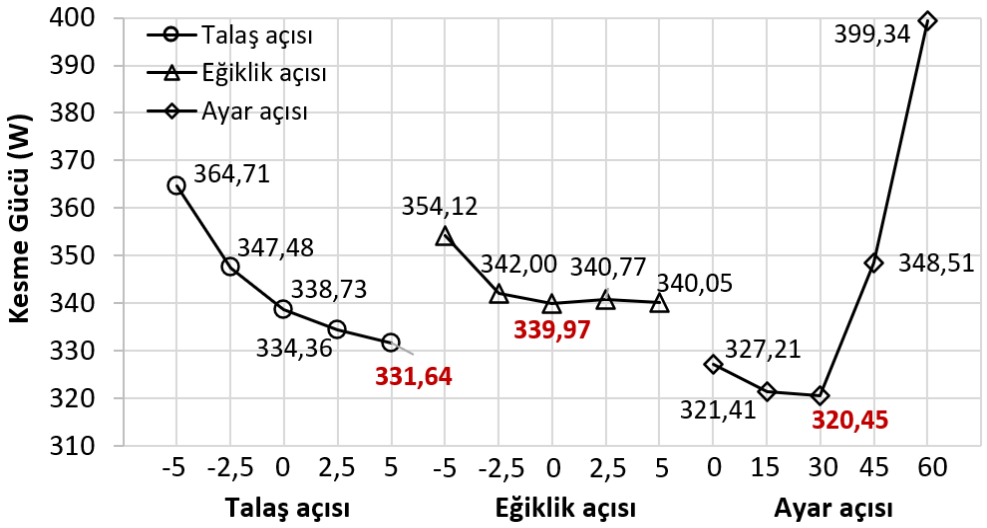
Görsel 6. FEM simülasyonları ve ANN eğitim verileri arasındaki yüzdesel hata oranları

Üç bağımsız faktör ve beş seviye ile tam faktöriyel (125 adet) düzendeki test veri seti ile ANN tahmini yapılmıştır. Tahmin sonucunda kesme açılarının, kesme gücü ve özgül enerji tüketimi üzerindeki etkisini anlamak için etki grafikleri (Görsel 7 ve 8) ve en etkili parametreleri göstermek için %95 güven seviyesi ile varyans analizi (ANOVA) yapılmıştır (Çizelge 6 ve 7). MRR değerlerinin sabit olması sebebiyle etki grafikleri benzer görünmektedir.

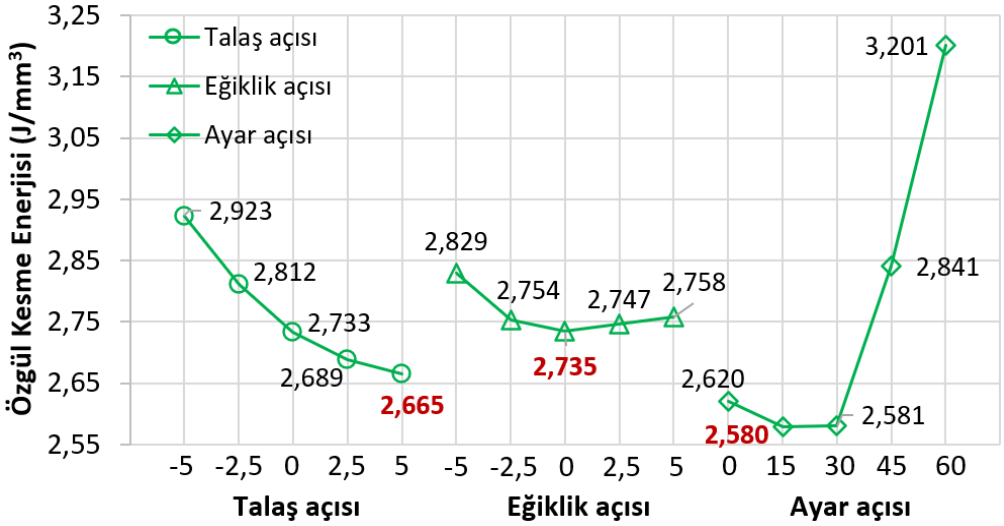
Talaş açısı değişiminin etkileri incelendiğinde, talaş açısı artışı ile kesme gücü ve özgül enerji tüketiminin belirgin şekilde azaldığı görülmektedir. Talaş açısı azalınca, kesici takımın batma açısı küçülür ve takımın keskinlik derecesi artar. Bu durum kayma düzlem açını artırır ve takım talaş temas alanı düşürür. Böylece takıma binen talaş yükü azalmış olur. Azalan talaş yükü ile kesme kuvvetleri ve kesme gücünün azalması beklenir [15-17]. Kesme gücü ile birlikte özgül enerji tüketimi de azalmıştır. En düşük kesme gücü ve özgül enerji tüketimleri 5° talaş açısında elde edilmiştir. Eğiklik açısı değişiminin etkileri incelendiğinde, eğiklik açısı değişiminin kesme gücü ve özgül enerji tüketimi üzerinde belirgin bir etkisinin olmadığı görünmektedir. Kesme gücü ve özgül enerji tüketimi, sadece -5° eğiklik açısında yüksek çıkmakla birlikte diğer açılarda birbirine oldukça yakın değerler gözlenmiştir. En düşük kesme gücü ve özgül enerji

tüketimleri 0° eğiklik açısında elde edilmiştir. Ayar açısı değişiminin etkileri incelendiğinde, ayar açısının artışı ile kesme gücü ve özgül enerji tüketimlerinin önce azaldığı daha sonra belirgin şekilde arttığı gözlenmiştir [18]. 30° ve üzeri ayar açısı ile kesme gücü ve özgül enerji tüketimlerini hızla arttığı görülmektedir. En düşük kesme gücü 30° ayar açısında ve en düşük özgül enerji tüketimi 15° ayar açısında elde dilmiştir.

ANOVA sonuçları değerlendirildiğinde, kesme gücü üzerindeki en etkili parametre %76,19 oranla ayar açısı ve %12,26 oranla talaş açısı olduğu gözlenmiştir. Özgül enerji tüketim değerleri üzerindeki en etkili parametre ise %80,92 oranla ayar açısı ve %12,46 oranla talaş açısı olduğu anlaşılmıştır.



Görsel 7. Kesme açılarının kesme gücü üzerindeki etki grafiği



Görsel 8. Kesme açılarının özgül enerji tüketimi üzerindeki etki grafiği

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

Çizelge 6. Kesme açılarının kesme gücü üzerindeki etkisi için ANOVA sonuçları

Kaynak	DF	SS	MS	F Değeri	P Değeri	Katkı %	Yorum
Model	60	142789	2379,8	60,95	0,000	98,28	Anlamlı
Lineer	12	132171	11014,3	282,08	0,000	90,97	Anlamlı
Talaş açısı	4	17811	4452,7	114,04	0,000	12,26	Anlamlı
Eğiklik açısı	4	3668	917,1	23,49	0,000	2,52	Anlamlı
Ayar açısı	4	110692	27673	708,73	0,000	76,19	Anlamlı
2 Yönlü Etkileşimler	48	10618	221,2	5,67	0,000	7,31	Anlamlı
Talaş*Eğiklik	16	382	23,9	0,61	0,864	0,26	Anlamsız
Talaş*Ayar	16	6252	390,8	10,01	0,000	4,30	Anlamlı
Eğiklik*Ayar	16	3984	249	6,38	0,000	2,74	Anlamlı
Hata	64	2499	39				
Toplam	124	145288					
Model Özeti							
S= 6,24868				R^2 (adjusted)= %96,67			
R^2= %98,28				R^2 (predicted)= %93,44			

Çizelge 7. Kesme açılarının özgül kesme enerjisi üzerindeki etkisi için ANOVA sonuçları

Kaynak	DF	SS	MS	F Değeri	P Değeri	Katkı %	Yorum
Model	60	8,72932	0,14549	129,74	0,000	99,18	Anlamlı
Lineer	12	8,35517	0,69626	620,90	0,000	94,93	Anlamlı
Talaş açısı	4	1,09634	0,27408	244,42	0,000	12,46	Anlamlı
Eğiklik açısı	4	0,13722	0,03431	30,59	0,000	1,56	Anlamlı
Ayar açısı	4	7,12161	1,7804	1587,70	0,000	80,92	Anlamlı
2 Yönlü Etkileşimler	48	0,37415	0,00779	6,95	0,000	4,25	Anlamlı
Talaş*Eğiklik	16	0,01212	0,00076	0,68	0,807	0,14	Anlamsız
Talaş*Ayar	16	0,2772	0,01733	15,45	0,000	3,15	Anlamlı
Eğiklik*Ayar	16	0,08483	0,0053	4,73	0,000	0,96	Anlamlı
Hata	64	0,07177	0,00112				
Toplam	124	8,80109					
Model Özeti							
S= 0,0334869				R^2 (adjusted)= %98,42			
R^2= %99,18				R^2 (predicted)= %96,89			

4. SONUÇLAR

Bu çalışmada, Al 7075-T6 alaşımının farklı kesme açıları ile tornalama sürecinde kesme güçleri ve özgül enerji tüketimleri incelenmiştir. Bu kapsamda üç boyutlu FEM analizleriyle kesme güçleri elde edilip özgül enerji tüketim değerleri hesaplanmış ve sonrasında ANN modellemesi ile optimum kesme açıları belirlenmiştir. Çalışmadan elde edilen bulgular ışığında elde edilen sonuçlar aşağıda özetlenmiştir:

- FEM simülasyonları ve ANN modellemesi karşılaştırıldığında, kesme gücü için ortalama %1,2 hata oranı ve özgül enerji tüketimi için ise ortalama %0,82 hata oranı ile sonuçların birbirleri ile yüksek seviyede uyuştuğu görülmüştür.
- Kesme gücü sonuçları değerlendirildiğinde, 5° talaş açısı, 0° eğiklik açısı ve 30° ayar açısında en düşük kesme gücü elde edilmiştir.
- Özgül enerji tüketimi sonuçları değerlendirildiğinde, 5° talaş açısı, 0° eğiklik açısı ve 15° ayar açısında en düşük özgül enerji tüketimine ulaşılmıştır.
- ANOVA sonuçları değerlendirildiğinde, kesme gücü ve özgül enerji tüketimi üzerindeki en etkin parametrenin sırasıyla %76,19 oranla ve %80,92 oranla ayar açısı olduğu tespit edilmiştir.

KAYNAKÇA

1. Ng CK, Melkote SN, Rahman M, and Kumar AS, Experimental study of micro-and nano-scale cutting of aluminum 7075-T6. International Journal of Machine Tools and Manufacture, 46(9):929-936, 2006.

2. Singh J, and Singh Gill S, Turning of Al 7075-T6 aerospace alloy under different sustainable metalworking fluid strategies by coated carbide tools. Surface Engineering, 39(3):275-294, 2023.

3. Warsi SS, Agha MH, Ahmad R, Jaffery SHI, and Khan M, Sustainable turning using multi-objective optimization: a study of Al 6061 T6 at high cutting speeds. The International Journal of Advanced Manufacturing Technology, 100:843-855, 2019.

4. Aydın K, Akgün A, Yavaş Ç, Gök A, and Şeker U, Experimental and numerical study of cutting force performance of wave form end mills on gray cast iron. Arabian Journal for Science and Engineering, 46(12):12299-12307, 2021.

5. Korkmaz ME, and Günay M, Finite Element modeling of tool stresses in hard turning of AISI L2 steel: prediction by ANN. Int J Mod Eng Res, 6(2):30-40, 2016.

6. An L, Liu S, and Zhang H Study on the Influence of Machining Parameters on Surface Residual Stresses in Dry Turning Inconel718 using FEA and ANN. In: Proceedings of the 9th International Conference on Computer and Automation Engineering, 2017. pp 341-345

7. Mohanta DK, Sahoo B, and Mohanty AM, Optimization of process parameter in AI7075 turning using grey relational, desirability function and metaheuristics. Materials and Manufacturing Processes, 38(12):1615-1625, 2023.

8. Santos M, Machado A, Barrozo M, Jackson M, and Ezugwu E, Multi-objective optimization of cutting conditions when turning aluminum alloys (1350-O and 7075-T6 grades) using genetic algorithm. The International Journal of Advanced Manufacturing Technology, 76:1123-1138, 2015.

9. Yazid M, and Zainol A, Environmentally friendly approaches assisted machining of aluminum alloy 7075-T6 for automotive applications: A review. International Journal of Integrated Engineering, 11(6):18-26, 2019.

10. Singh J, Gill SS, and Mahajan A, Experimental investigation and optimizing of turning parameters for machining of al7075-t6 aerospace alloy for reducing the tool wear and surface roughness. Journal of Materials Engineering and Performance:1-12, 2023.

11. Lakshmanan M, Rajadurai JS, and Rajakarunakaran S, Machining studies of Al7075 in CNC turning using grey relational analysis. Materials Today: Proceedings, 39:1625-1628, 2021.

12. Mohan Kumar A, Rajasekar R, and Parameshwaran R, 2D FEM simulation and experimental verification of Al 7075-T6 during turning process. Materialwissenschaft und Werkstofftechnik, 53(7):781-789, 2022.

13. Ahmadi SA, Davoodi B, and Niknam SA, Numerical modeling and experimental assessment of dynamic behavior of aluminum alloy 7075-T6 in machining process. The International Journal of Advanced Manufacturing Technology:1-19, 2024.

14. MacKay DJ, Bayesian interpolation. Neural computation, 4(3):415-447, 1992.

15. Duran A, and Acır A, HSS torna kalemindeki talaş açısının kesme kuvvetlerine etkisi. Politeknik dergisi, 7(3):211-215, 2004.

16. Mavi A, and Uzun G, Dubleks 1.4462 paslanmaz çeliğin tornalanmasında kesme parametrelerinin işlenebilirlik üzerine etkisi. Gazi University Journal of Science Part C: Design and Technology, 5(3):177-184, 2017.

17. Gürbüz H, Kafkas F, and Şeker U, AISI 316L çeliğinin işlenmesinde kesici takım kesici kenar formu ve talaş kırıcı formlarının kesme kuvvetleri ve yüzey pürüzlülüğü üzerine etkisi. Batman Üniversitesi Yaşam Bilimleri Dergisi, 1(2):173-184, 2012.

18. Venkatesh V, Kattan I, Hoy D, Ye C, and Vankirk J, An analysis of cutting tools with negative side cutting edge angles. Journal of materials processing technology, 58(4):351-361, 1996.

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

PMMA LEVHANIN CO_2 LAZER İLE KESİLMESİ İŞLEMİNDE YÜZEY PÜRÜZLÜLÜĞÜ VE ISIDAN ETKİLENEN BÖLGENİN DENEYSEL VE YAPAY SİNİR AĞLARI YÖNTEMLERİYLE ARAŞTIRILMASI

INVESTIGATION OF SURFACE ROUGHNESS AND HEAT AFFECTED ZONE IN CO_2 LASER CUTTING OF PMMA SHEET BY EXPERIMENTAL AND ARTIFICIAL NEURAL NETWORK METHODS

Dr. Öğr. Üyesi Kutay AYDIN
Amasya Üniversitesi, Makine Mühendisliği Bölümü, Amasya/Türkiye
kutay.aydin@amasya.edu.tr - ORCID: 0000-0003-3614-4877

Prof. Dr. Levent UĞUR
Amasya Üniversitesi, Makine Mühendisliği Bölümü, Amasya/Türkiye
leventozge@gmail.com - ORCID: 0000-0003-3447-3191

ÖZET

Polimetilmetakrilat (PMMA), mükemmel optik, mekanik ve biyouyumluluk özelliklerine sahip, endüstriyel uygulamalarda geniş bir kullanım alanı bulan sentetik bir termoplastik polimerdir. Otomotivden biyomedikale, elektronik cihazlardan sensörlere kadar pek çok alanda tercih edilen bu malzeme, işlenebilirliği ve dayanıklılığı ile öne çıkmaktadır. Geleneksel mekanik işleme yöntemlerinde PMMA'nın işlenmesi sırasında çapaklar, düzensiz kesim kenarları ve düşük işleme verimliliği gibi sorunlar ortaya çıkabilmektedir. Bu durum, malzemenin yüzey kalitesini olumsuz etkileyerek, istenilen hassasiyetin elde edilmesini zorlaştırmaktadır. Bu noktada, lazer işleme yöntemi, PMMA'nın işlenmesi için giderek daha fazla tercih edilmektedir. Lazer işleme, yüksek hassasiyet ve verimlilik sağlamasının yanı sıra, çevreye zarar vermemesi nedeniyle yeşil bir teknoloji olarak da dikkat çekmektedir. Bununla birlikte, lazer kesimi sırasında yüzey pürüzlülüğü ve ısıdan etkilenen bölge gibi istenmeyen etkiler ortaya çıkabilmektedir. Bu problemler, malzemenin optik ve mekanik özelliklerini olumsuz etkileyebilir, dolayısıyla ürün kalitesini düşürebilir. Özellikle, ısıdan etkilenen bölge'nin genişliği ve yüzey pürüzlülüğü, lazer kesim sürecinin optimize edilmesi gereken kritik parametrelerdir. Bu çalışmada, PMMA levhaların CO_2 lazer ile kesilmesi sırasında ortaya çıkan yüzey pürüzlülüğü ve ısıdan etkilenen bölge'nin etkileri, deneysel yöntemler ve yapay sinir ağları (ANN) kullanılarak incelenmiştir. Elde edilen bulgular, lazer kesim parametrelerinin optimize edilmesiyle bu olumsuz etkilerin minimize edilebileceğini göstermektedir.

Anahtar Kelimeler: Lazer kesme, Yapay sinir ağları, Yüzey pürüzlülüğü, Isıdan etkilenen bölge

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

ABSTRACT

Polymethylmethacrylate (PMMA) is a synthetic thermoplastic polymer with excellent optical, mechanical and biocompatibility properties and is widely used in industrial applications. This material, which is preferred in many fields from automotive to biomedical, electronic devices to sensors, stands out with its processability and durability. Traditional mechanical machining methods can cause problems such as burrs, irregular cutting edges and low machining efficiency during the machining of PMMA. This negatively affects the surface quality of the material, making it difficult to achieve the desired precision. At this point, laser processing is increasingly preferred for the processing of PMMA. In addition to providing high precision and efficiency, laser processing is also notable as a green technology due to its environmental friendliness. However, undesirable effects such as surface roughness and heat-affected zone can occur during laser cutting. These problems can negatively affect the optical and mechanical properties of the material, thus reducing product quality. In particular, the width of the heat affected zone and surface roughness are critical parameters that need to be optimized in the laser cutting process. In this study, the effects of surface roughness and heat affected zone during CO_2 laser cutting of PMMA sheets were investigated using experimental methods and artificial neural networks (ANN). The findings show that these negative effects can be minimized by optimizing the laser cutting parameters.

Key Words: Laser cutting, Artificial neural networks, Surface roughness, Heat affected zone

1. GİRİŞ

Polimetilmetakrilat (PMMA), mükemmel kimyasal, fiziksel ve mekanik özelliklere sahip ucuz bir sentetik termoplastik polimerdir [1,2]. Polimetilmetakrilat (PMMA), polimerik malzemeler arasında endüstriyel uygulamalarda geniş bir kullanım alanına sahip olan önemli bir materyaldir. Bu malzemenin sahip olduğu optik, mekanik ve biyouyumluluk özellikleri, onu çeşitli sektörlerde tercih edilen bir malzeme haline getirmiştir. PMMA, özellikle otomotiv sanayinde, Diş hekimliği alanında ise protez dişler, ortodontik cihazlar ve diğer dental ürünlerde, Biyomedikal alanda ise PMMA, kemik dokusu mühendisliği ve protezler gibi uygulamalarda kullanılmaktadır. Ayrıca, sensörler, elektronik cihazlar, güneş pilleri ve fotodedektörler gibi yüksek hassasiyet ve optik netlik gerektiren teknolojik uygulamalarda da PMMA'nın geniş bir kullanım alanı bulunmaktadır [3-5].

Geleneksel mekanik yöntemlerle PMMA levhaların işlenmesi sırasında sıkça karşılaşılan çapaklar, düzensiz kesme kenarları ve düşük işleme verimliliği, bu malzemenin işlenmesinde önemli zorluklar yaratmaktadır [6]. Bu tür mekanik işlemler, malzemenin yüzey kalitesini olumsuz etkileyebileceği gibi, istenilen hassasiyeti elde etmede de yetersiz kalabilir. Bunun yanı sıra, mekanik yöntemlerin enerji tüketimi yüksek olup, üretim sürecinde atık oluşumuna neden olabilir. Ancak, yeni bir işleme teknolojisi olarak lazer işleme yöntemi, bu zorlukları aşmak için ideal bir çözüm sunmaktadır [7]. Lazer işleme, yüksek hassasiyet ve verimlilikle çalışarak, çevre kirliliği yaratmadan PMMA levhaların işlenmesini mümkün kılar. Bu teknolojinin sunduğu entegre işleme ve şekillendirme kabiliyetleri, PMMA'nın endüstriyel uygulamalarda daha yaygın ve etkili bir şekilde kullanılmasını sağlar.

CO_2 lazer tabanlı mikrofabrikasyon, PMMA üzerinde mikrokanal imalatı için köklü bir teknik haline gelmiştir. Bu yöntemin en büyük avantajlarından biri, diğer mikrofabrikasyon tekniklerine kıyasla çok daha kısa sürede mikroakışkan sistemlerinin üretilebilmesidir [8]. CO_2 lazerin yüksek enerji yoğunluğu, PMMA yüzeyinde son derece hassas kesimler yapılmasına olanak tanır. Bu durum, mikrokanalların istenen geometrik hassasiyette ve minimum malzeme kaybıyla üretilmesini sağlar. Ayrıca, lazer işleminin temassız bir yöntem olması, işleme sırasında malzemenin mekanik olarak zarar görme riskini ortadan kaldırır, böylece yüksek kaliteli ve dayanıklı mikrokanallar elde edilir. Bu nedenle, CO_2 lazer kullanılarak yapılan mikrokanal imalatı, biyomedikal cihazlardan mikroakışkan laboratuvarlarına kadar geniş bir yelpazede uygulama alanı bulmaktadır [9,10].

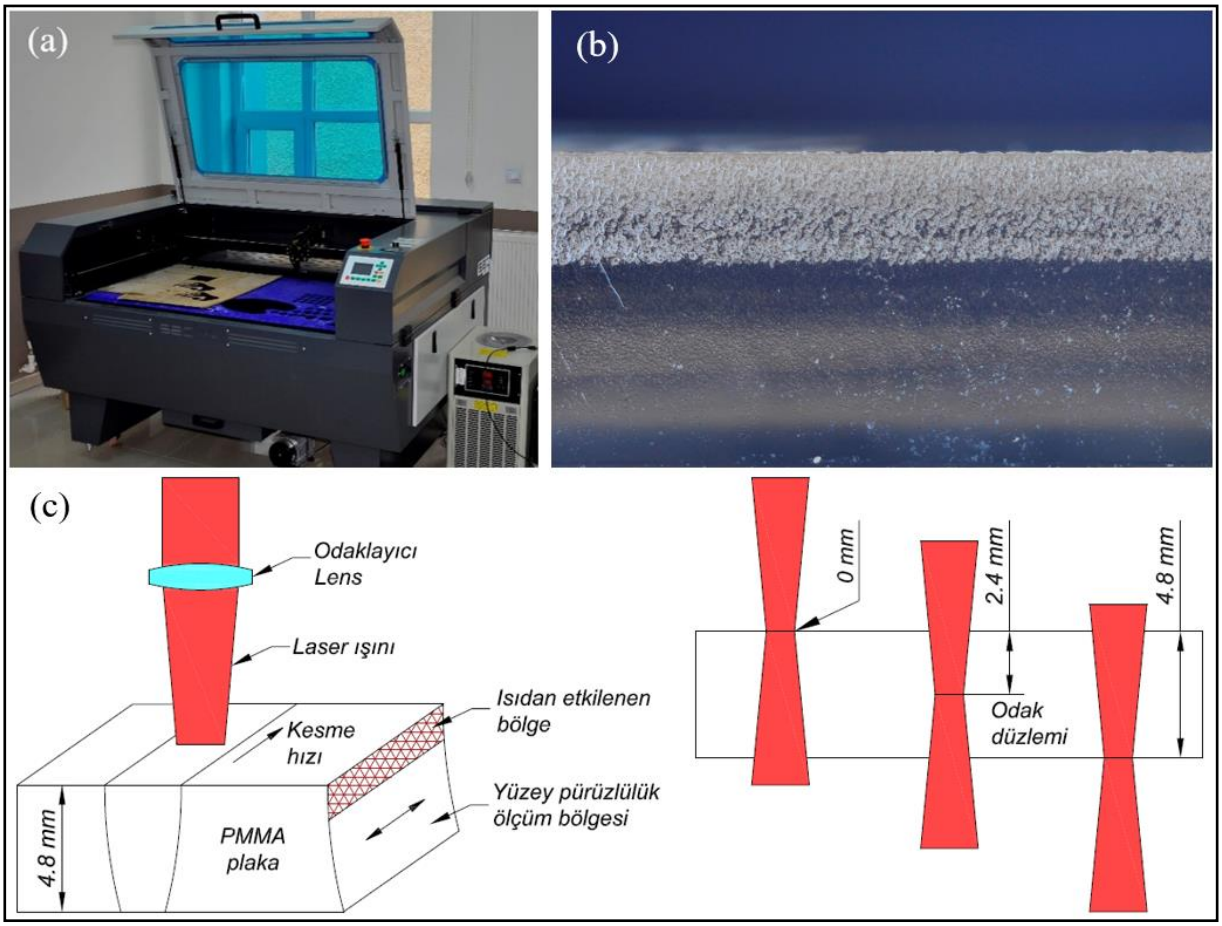
Bununla birlikte, CO_2 lazer kesimi sırasında ortaya çıkan yüzey pürüzlülüğü ve ısıdan etkilenen bölge, ürün kalitesini belirleyen en kritik faktörler arasındadır. Yüzey pürüzlülüğü, malzemenin optik özelliklerini etkileyebilirken, ısıdan etkilenen bölge, malzemenin mekanik özelliklerinde bozulmalara neden olabilir [11]. Bu sebeple, lazer kesim parametrelerinin doğru bir şekilde optimize edilmesi, bu olumsuz etkilerin minimize edilmesi açısından büyük önem taşır.

Bu çalışmada, PMMA levhaların CO_2 lazer ile kesilmesi sırasında ortaya çıkan yüzey pürüzlülüğü ve ısıdan etkilenen bölgenin etkileri deneysel yöntemler ve yapay sinir ağları (YSA) kullanılarak incelenmiştir. Yüzey kalitesini iyileştirmek ve ısıdan etkilenen bölgeyi minimize etmek için 3 farklı lazer kesim parametreleri kullanılarak optimize edilmiştir. Sonuç olarak, lazer kesim süreçlerinin endüstriyel uygulamalarda daha verimli ve hassas bir şekilde kullanılmasına katkı sağlanması amaçlanmaktadır.

2. YÖNTEM

2.1. Lazer kesme işlemi

Lazer kesme deneyleri, Seç Atik 1410 lazer işleme tezgahında yapılmıştır. Lazer işleme tezgahı, 80W gücünde CO_2 tüpü ile kesme ve markalama işlemleri yapabilmektedir. Ek olarak, 1400x1000x25mm işleme alanına ve üç eksenli CNC kontrolcüye sahiptir (Görsel 1a). Deneylerde, işleme malzemesi olarak, 4.8mm kalınlığında saydam Acrylic olarak bilinen Polymethyl Methacrylate (PMMA) levha kullanılmıştır (Görsel 1b). İşleme bölgesinde, odaklanmış lazer ışınının etrafından kompresör ile basınçlandırılmış hava gönderilerek buharlaştırılmış malzeme uzaklaştırmakta ve kesme bölgesi soğutulmaktadır (Görsel 1c). Deneylerde kesme parametreleri olarak, odak düzlemi, kesme hızı ve lazer gücü kullanılmıştır. Her kesme parametresi için üçer seviye belirlenmiş ve tam faktöriyel deney tasarımı oluşturulmuştur (Çizelge 1). Çıktı olarak, yüzey pürüzlülüğü ve ısıdan etkilenen bölge ölçümleri yapılmıştır. Deneysel çalışmaya ek olarak yapay sinir ağları (YSA) metodu kullanılarak eğitim ve tahminler yapılmıştır. YSA metodunda eğitim için deneysel çalışmadan elde dilen 27 adet tam faktöriyel tasarıma sahip girdi ve çıktı verileri kullanılmıştır. Sonrasında her bir faktöre ikişer adet ara seviye değeri daha eklenerek 125 adet tam faktöriyel girdi değerleri kullanılarak YSA ile çıktı değerleri tahmin edilmiştir.



Görsel 1. a) Lazer işleme tezgahı, b) Lazer kesme numunesi, c) Lazer kesme şeması ve ölçüm bölgeleri

Çizelge 1. Lazer kesme parametreleri

Seviyeler	**Faktörler**		
	Odak düzlemi, (mm)	**Kesme hızı (mm/s)**	**Lazer gücü (W)**
1 (deneysel)	0	1	56
2 (YSA)	1.2	1.5	62
3 (deneysel)	2.4	2	68
4 (YSA)	3.6	2.5	74
5 (deneysel)	4.8	3	80
Çıktı	Yüzey pürüzlülüğü (µm)		
	Isıdan etkilenen bölge (µm)		

2.1. Yapay sinir ağları (YSA) metodu

YSA analizleri MATLAB® yazılımı ile yürütülmüştür. ANN modeli, Çizelge 2'de verilen parametreler ile oluşturulmuştur. ANN modelinde, 1 gizli katman ve 5 nöron ile 1-5-2 ağ yapısı uygulanmıştır. Eğitim, doğrulama ve test (tahmin) verileri sırasıyla 60%, 20% ve 20% olarak "dividerand" fonksiyonu ile rastgele olarak ayrıştırılmıştır. Nöron sayısı, öğrenme algoritması, transfer fonksiyonu vb. parametreler açısından en iyi ANN modelini belirlemek için denemeler yapılmıştır (Çizelge 3). Performans kriterleri olarak, eğitim ve test regresyon katsayıları (R), hataların karelerinin ortalaması (MSE) değerleri, ortalama ve maksimum hata oranları (Eşitlik

1) kullanılmıştır. En iyi performans, "traingdx" öğrenme algoritması, "tansig" transfer fonksiyonu (Eşitlik 2) ve 5 nöron sayısında elde edilmiştir. Gradient descent with momentum and adaptive learning rate backpropagation (traingdx) algoritması, Traingdx algoritması, eğitim sürecinde çok hızlı ve verimliliği yüksek sonuçlar elde etmek için geliştirilmiş bir öğrenme algoritmasıdır. Bu algoritmada, yüksek hafıza gereksinimi ve karmaşık matematiksel yapısı bulunsa da momentum ve adaptif öğrenme oranı kombinasyonu ile oldukça etkili ve hata oranı düşük eğitim ve tahminler yapabilmek mümkündür [12,13].

$$\text{Hata Oranı } (\%) = \left(\frac{\text{Deneysel ölçüm} - \text{YSA tahmini}}{\text{Deneysel ölçüm}} \right) x100 \quad (1)$$

$$f(N) = \tanh(N) = \frac{2}{1+e^{-2N}} - 1 \quad (2)$$

Buradaki *f(N)* hiperbolik tanjant sigmoid transfer fonksiyonun ifade etmektedir.

Çizelge 2. YSA model parametreleri

Parametre	**Değer**
Gizli katman sayısı	1
Nöron sayısı	5
İterasyon sayısı	1000
Eğitim veri oranı (rastgele)	60%
Doğrulama veri oranı (rastgele)	20%
Test veri oranı (rastgele)	20%
Öğrenme algoritması	traingdx
Transfer fonksiyonu	tansig
Öğrenme kuralı	Geri yayılım

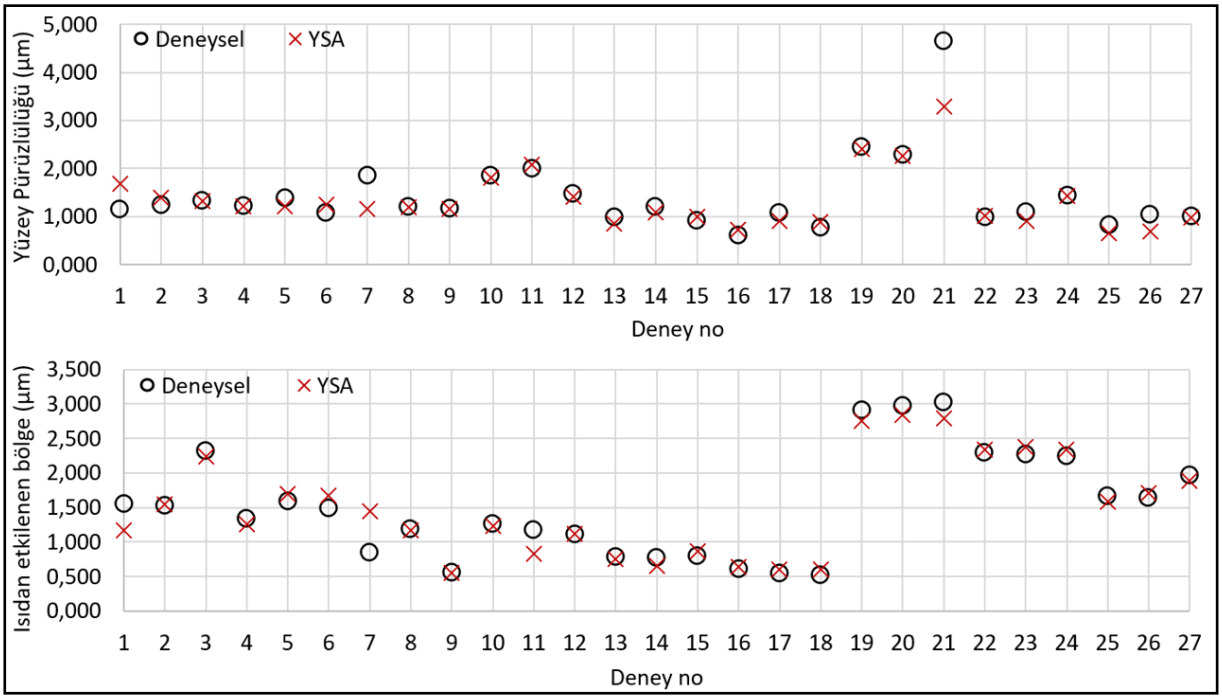
Çizelge 3. Optimum YSA parametrelerini belirlemek için kurulan YSA modelleri

Öğrenme algoritması	**Nöron sayısı**	**Eğitim R değeri**	**Test R değeri**	**En iyi doğrulama performans MSE değeri**	**Yüzey pürüzlülüğü**		**Isıdan etkilenen bölge**	
					Ortalama hata oranı (%)	**Maksimum hata oranı (%),**	**Ortalama hata oranı (%)**	**Maksimum hata oranı (%)**
trainbr	4	0,98908	0,71505	0,065	15,85	75,05	12,75	73,79
	5	0,98703	0,86989	0,069	14,79	93,31	10,41	36,64
	8	0,97995	0,85955	0,258	17,38	77,97	22,66	123,42
	10	0,81346	0,53833	0,237	24,97	56,09	41,47	133,79
traingdx	4	0,88891	0,83857	0,353	17,25	68,27	20,05	70,96
	5	**0,99093**	**0,93324**	**0,076**	**12,31**	**46,24**	**9,56**	**69,94**
	8	0,94463	0,62526	0,127	19,39	89,18	15,94	55,31
	10	0,82881	0,17843	0,387	27,83	79,21	26,19	71,53
trainoss	4	0,86396	0,25904	0,683	39,46	75,36	36,34	170,78
	5	0,99222	0,74522	0,183	20,31	125,97	11,46	43,49
	8	0,99568	0,72448	0,321	14,62	67,64	20,08	140,81
	10	0,91272	0,67808	0,145	24,58	52,15	20,44	70,43
trainr	4	0,95798	0,64993	0,296	16,91	63,54	21,83	75,79
	5	0,97375	0,36331	0,725	20,85	141,02	20,35	113,81

	8	0,97854	0,85941	0,446	14,44	86,05	10,26	43,39
	10	0,99865	0,75531	0,086	11,09	41,85	10,11	115,38
trainrp	4	0,96132	0,33749	0,977	19,82	69,56	18,21	59,86
	5	0,98377	0,74443	0,081	17,31	77,46	15,92	183,81
	8	0,93991	0,73448	0,103	15,64	55,01	19,57	67,83
	10	0,99953	0,60536	0,269	12,88	117,64	12,91	72,43
trainscg	4	0,95669	0,69933	1,091	17,55	66,78	10,05	43,69
	5	0,99363	0,76626	0,139	13,81	92,19	10,75	55,91
	8	0,96548	0,74141	0,098	17,86	59,29	19,09	62,42
	10	0,91293	0,40575	0,199	32,35	180,86	25,43	87,82

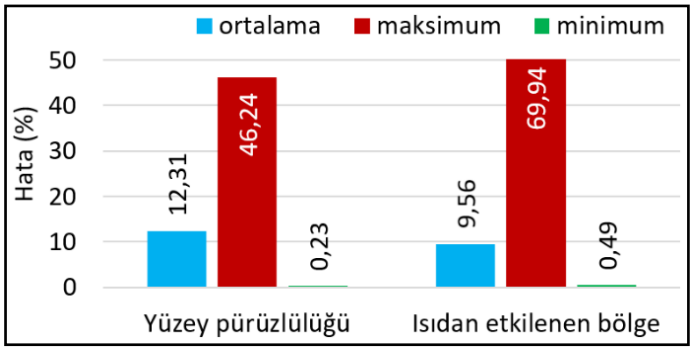
3. BULGULAR VE TARTIŞMA

Lazer kesme deneylerinden elde edilen veriler ve bu veriler sürdürülen YSA modelinin eğitim sonuçlarının karşılaştırması, Görsel 2'deki grafiklerde verilmiştir. Grafiklerin anlaşılabilirliğini kolaylaştırmak için farklı şekiller ve renklerde semboller kullanılmıştır. Grafiklerde, tam faktöriyel tasarımda yapılan her deneyin ölçüm değerleri siyah çember ve YSA sonuçları kırmızı çarpı sembolleri ile ifade edilmiştir. Grafikler incelendiğinde, deneysel ölçümler ve YSA eğitim sonuçlarının yüksek seviyede uyuştuğu görülmektedir. Sonuçların uyuşma seviyesinin daha net ifade edilmesi için yüzdesel hatalar hesaplanmış ve Görsel 3'te gösterilmiştir. Grafikte, maksimum hatalar kırmızı tonlama, ortalama hatalar mavi tonlama ve minimum hatalar ise yeşil tonlamalı sütunlar ile gösterilmiştir. Ortalama hata oranları, yüzey pürüzlülüğü için %12,31 ve ısıdan etkilenen bölge için %9,56 olarak elde edilmiştir. Büyük hata oranları, yüzey pürüzlülüğü için 21 ve 7 nolu deneylerde, ısıdan etkilenen bölge için 7, 1 ve 11 nolu deneylerde gözlenmiştir. Diğer deneylerdeki YSA tahmin performansının yüksek olduğu anlaşılmıştır.



Görsel 2. Deneysel ölçümler ve YSA eğitim verilerinin karşılaştırılması

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



Görsel 3. Deneysel ölçümler ile YSA tahminleri arasındaki yüzdesel hata oranları

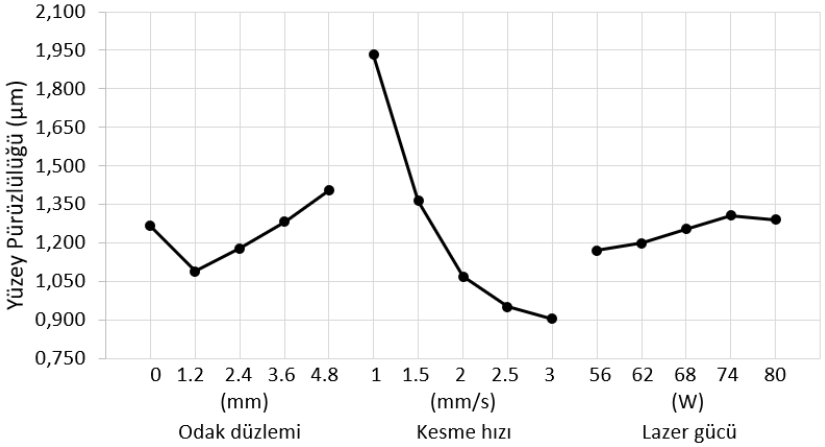
Deneysel ve eğitim verilerinde kullanılan lazer kesme parametrelerinin üçer seviyesine, ikişer adet ara değer eklenerek test veri seti oluşturulmuştur (Çizelge 1). Test veri seti, üç faktör ve beş seviye tam faktöriyel 125 run tasarıma sahiptir. Test veri seti tahminleri kullanılarak lazer kesme parametrelerinin yüzey pürüzlülüğü ve ısıdan etkilenen bölge üzerindeki etkilerinin anlaşılması için etki grafikleri oluşturulmuştur. Yüzey pürüzlülüğü için etki grafiği Görsel 4'te ve ısıdan etkilenen bölge için etki grafiği Görsel 5'te gösterilmiştir.

Odak düzlemi değişiminin oluşturduğu etkiler incelendiğinde, odak düzlemi artışı ile hem yüzey pürüzlülüğünde hem de ısıdan etkilenen bölgede önce azalma sonra artış eğilimi görülmektedir. Isıdan etkilenen bölgedeki değişim daha belirgindir. İş malzemesi yüzeyinde lazer ışının ilk temas ettiği nokta lazerin odak noktasına uzak olduğunda diğer bir deyişle odak düzlemi büyük olduğunda, iş malzemesi yüzeyindeki yoğunlaşan ışın enerjisi daha düşük olacağı için kesilen yüzeyin üst kısımlarında ısıl etkilenen bölgenin daha büyük olacağı sonucu çıkarılabilir. Bu sebeple odak düzlemi artışı ile ısıl etkilenen bölge artar. Buna paralel olarak ısıl etkilenen bölge altında kalan ve yüzey pürüzlülük ölçümü yapılan bölgenin de yüzey kalitesinin düşmesi beklenir. En düşük yüzey pürüzlülüğü ve ısıdan etkilenen bölge diğer bir deyişle en iyi yüzey kalitesi 1,2 mm odak düzleminde elde edilmiştir. 2,4 mm odak düzlemi ise yüzey kalitesi açısından kabul edilebilir seviyededir.

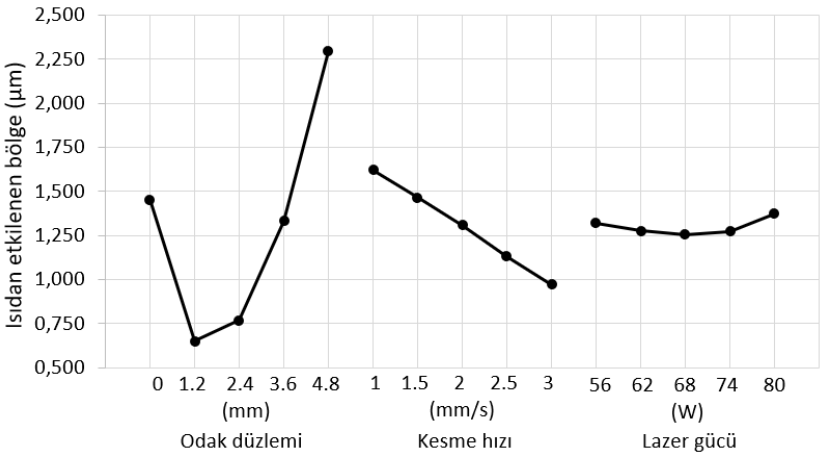
Kesme hızı değişiminin oluşturduğu etkiler incelendiğinde, kesme hızı artışı ile hem yüzey pürüzlülüğü hem de ısıdan etkilenen bölge miktarlarında belirgin azalma görülmüştür. Kesme hızı artışı ile lazer ışınının iş malzemesine temas süresi kısalmıştır. Kısalan temas süresi ile kesme yüzeyinde ısının sebep olduğu deformasyon azalmaktadır. Böylece ısıl etkilenen bölge ve yüzey pürüzlülük miktarlarının azaldığı düşünülmektedir. Benzer sonuçlar önceki çalışmalarda da görülmüştür [14,15]. En düşük yüzey pürüzlülüğü ve ısıdan etkilenen bölge 3 mm/s kesme hızında elde edilmiştir.

Lazer gücü değişiminin oluşturduğu etkiler incelendiğinde, lazer gücü değişiminin yüzey pürüzlülüğü ve ısıdan etkilenen bölge miktarları üzerindeki etkisi belirgin değildir. Lazer gücü artışı ile yüzey pürüzlülüğünde bir miktar artış, ısıdan etkilenen bölgede ise önce bir miktar azalma ve sonrasında artış görülmüştür. Yüzey kalitesi açısından en uygun kesme operasyonu düşük lazer güçlerinde elde edilmiştir. En düşük yüzey pürüzlülüğü için 56 W, en küçük ısıl etkilenen bölge için ise 68 W lazer gücünü gerekmektedir. En iyi yüzey kalitesi açısından 62 W lazer gücünün seçilmesinin uygun olduğu anlaşılmıştır.

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



Görsel 4. Lazer kesme parametrelerinin yüzey pürüzlülüğü üzerindeki etki grafiği



Görsel 5. Lazer kesme parametrelerinin ısıdan etkilenen bölge üzerindeki etki grafiği

4. SONUÇLAR

Bu çalışmada, PMMA (Acrylic) iş malzemesinin CO_2 lazer kesilmesinde farklı lazer kesme parametrelerinin yüzey pürüzlülüğü ve ısıl etkilenen bölge miktarlarına etkileri araştırmıştır. Deneysel çalışmaya ek olarak yapay sinir ağları metodu (YSA) kullanılarak optimum lazer kesme parametrelerinin belirlenmesi için eğitim ve tahminler yapılmıştır. Çalışmadan elde edilen bulgulardan yola çıkarak elde edilen sonuçlar aşağıda özetlenmiştir:

- Eğitim ve test verileri açısından; yapay sinir ağları tahminleri ile deneysel ölçümlerin uyumlu olduğu görülmüştür.
- YSA tahminlerinde, yüzey pürüzlülüğü için %12,31 ve ısıdan etkilenen bölge için %9,56 ortalama hata oranları elde edilmiştir.
- Lazer kesme parametrelerinin etkileri değerlendirildiğinde; odak düzlemi açısından en düşük yüzey pürüzlülüğü ve ısıdan etkilenen bölge 1.2 mm odak düzleminde elde edilmiştir. 2,4 mm odak düzlemi de yüzey kalitesi açısından kabul edilebilir seviyededir. Lazer ışını, iş malzemesinin üst-orta kısmına odaklandığında en yüksek performansa ulaşılmıştır.

- Kesme hızı açısından en düşük yüzey pürüzlülüğü ve ısıdan etkilenen bölge 3 mm/s kesme hızında elde edilmiştir. En iyi yüzey kalitesinin elde edilmesi için yüksek kesme hızlarının seçilmesi gereklidir.
- Lazer gücü değişiminin yüzey kalitesi üzerindeki etkisi oldukça düşüktür. En düşük yüzey pürüzlülüğü 56 W ve en küçük ısıdan etkilenen bölge ise 68 W lazer gücünde elde edilmiştir. En iyi yüzey kalitesi için 62 W lazer gücünün seçilmesi gereklidir.
- PMMA levhaların lazer ile kesilmesi işleminde kesme bölgesinde en iyi yüzey kalitesinin elde edilmesi için iş malzemesinin üst-orta bölgesine denk gelen bir odak düzlemi, yüksek kesme hızı ve düşük-orta seviyede bir lazer gücünün seçilmesi sonucuna varılabilir.

TEŞEKKÜR

Bu çalışma, Amasya Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri kapsamında FMB-BAP 23-0588 numaralı proje ile desteklenmiştir.

KAYNAKÇA

1. Vakili-Tahami F, Adibeig MR, and Hassanifard S, Optimizing creep lifetime of friction stir welded PMMA pipes subjected to combined loadings using rheological model. Polymer Testing, 79:106049, 2019.

2. de Castro Monsores KG, da Silva AO, Oliveira SdSA, Rodrigues JGP, and Weber RP, Influence of ultraviolet radiation on polymethylmethacrylate (PMMA). Journal of Materials Research and Technology, 8(5):3713-3718, 2019.

3. Piana G, Bella F, Geobaldo F, Meligrana G, and Gerbaldi C, PEO/LAGP hybrid solid polymer electrolytes for ambient temperature lithium batteries by solvent-free,“one pot” preparation. Journal of Energy Storage, 26:100947, 2019.

4. Georgopoulou A, Kummerlöwe C, and Clemens F, Effect of the elastomer matrix on thermoplastic elastomer-based strain sensor fiber composites. Sensors, 20(8):2399, 2020.

5. D'Elia A, Deering J, Clifford A, Lee B, Grandfield K, and Zhitomirsky I, Electrophoretic deposition of polymethylmethacrylate and composites for biomedical applications. Colloids and Surfaces B: Biointerfaces, 188:110763, 2020.

6. Jobey C, Allanic N, Mousseau P, and Deterre R Prediction of thickness distribution of thermoformed multilayer ABS/PMMA sheets. In: AIP Conference Proceedings, 2016. vol 1. AIP Publishing,

7. Cai S, Liu W, Chen D, Yu F, Tao N, and Man J, Research and application of surface heat treatment for CO 2 continuous laser ablation of polymeric methyl methacrylate materials. RSC advances, 14(3):1909-1923, 2024.

8. Fu L-M, Ju W-J, Yang R-J, and Wang Y-N, Rapid prototyping of glass-based microfluidic chips utilizing two-pass defocused CO 2 laser beam method. Microfluidics and nanofluidics, 14:479-487, 2013.

9. Prakash S, and Kumar S, Determining the suitable CO2 laser based technique for microchannel fabrication on PMMA. Optics & Laser Technology, 139:107017, 2021.

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

10. Dudala S, Rao LT, Dubey SK, Javed A, and Goel S, Experimental characterization to fabricate CO2 laser ablated PMMA microchannel with homogeneous surface. Materials Today: Proceedings, 28:804-807, 2020.

11. Khoshaim AB, Elsheikh AH, Moustafa EB, Basha M, and Showaib EA, Experimental investigation on laser cutting of PMMA sheets: Effects of process factors on kerf characteristics. Journal of Materials Research and Technology, 11:235-246, 2021.

12. Alkhairi P, Batubara ER, Rosnelly R, Wanayaumini W, and Tambunan HS, Effect Effect of Gradient Descent With Momentum Backpropagation Training Function in Detecting Alphabet Letters. Sinkron: jurnal dan penelitian teknik informatika, 8(1):574-583, 2023.

13. Qian N, On the momentum term in gradient descent learning algorithms. Neural networks, 12(1):145-151, 1999.

14. Moradi M, Mehrabi O, Azdast T, and Benyounis KY, Enhancement of low power CO2 laser cutting process for injection molded polycarbonate. Optics & Laser Technology, 96:208-218, 2017.

15. Choudhury IA, and Shirley S, Laser cutting of polymeric materials: an experimental investigation. Optics & Laser Technology, 42(3):503-508, 2010.

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

NUMERICAL INVESTIGATION OF A SINGLE IMPACT IN SHOT PEENING PROCESS

Assistant Prof. Dr. Özden İŞBİLİR
Karabuk University
ozdenisbilir@karabuk.edu.tr - https://orcid.org/0000-0002-2526-602X

ABSTRACT

Shot peening is a commonly employed surface treatment method aimed at enhancing the mechanical properties of materials by producing compressive residual stresses on the surface and increasing fatigue resistance. This study presents a numerical investigation into the mechanics of single-shot impacts using an axisymmetric finite element model. The model incorporates material properties, shot diameter, and initial shot velocity to evaluate the surface characteristics of treated materials. The Johnson-Cook constitutive model was employed to simulate the elastoplastic behavior of target materials under high strain rates. The finite element analysis was validated against experimental and numerical data for three steel alloys: SAE 1070, AISI 2205, and AISI 4340, with deviations as low as 2.3% for dimple diameter and 0.75% for dimple depth. Key findings reveal that shot diameter and initial velocity significantly influence dimple dimensions, with shot diameter having a greater effect on dimple diameter, while both parameters similarly affect dimple depth. The model effectively balances computational efficiency and accuracy, offering a reliable alternative to experimental tests for predicting surface characteristics such as dimple diameter, depth, and distribution of residual stress. This study highlights the robustness of the proposed model and its potential for integration into research and development efforts with further modifications.

Keywords: Shot peening, Finite element analysis, Residual stress, Dimple dimensions, Surface treatment optimization, Modeling

1. INTRODUCTION

The shot peening is a widely recognized surface treatment method commonly used to improve the mechanical properties of materials, particularly metals. This enhancement is achieved by inducing compressive residual stresses and improving fatigue resistance. The process uses small spherical metal or ceramic shots to impact the material's surface, forming dimples and compressive stresses. The total area of these dimples and the compressive residual stress layer play a main role in determining the effectiveness of the treatment.

One of the significant advantages of shot peening process is its ability to enhance the fatigue strength of materials significantly. Zhou et al. [1] emphasized that coverage in shot peening process, which refers to the extent of the area treated by shots, is an important parameter in evaluating the effectiveness of the process. Adequate coverage ensures that the entire surface

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

is subjected to the peening effects, leading to uniform residual stress distribution and enhanced mechanical properties. The study found that insufficient coverage could result in areas of the surface remaining untreated, which may lead to premature failure due to cyclic loading. To maximize the benefits of the process, the coverage must be carefully optimized. In traditional shot peening process, a minimum of 98% of the treated surface is required to experience at least one impact. To satisfy the coverage of the process, information about dimple formation is required.

The profile of a dimple created in the shot peening, is also critical in determining the surface characteristics of the treated surface. Khun et al. [2] demonstrated that the diameter and depth of the dimples are directly influenced by the peening inrensity and shot size. Larger shots typically generate deeper and wider dimples, enhancing the compressive residual stress field and improving fatigue resistance. However, excessively large dimples can elevate surface roughness, which may deteriorate the fatigue life. Similar findings have been indicated by Liu et al. [3], Akyildiz et al. [4], and Sorsa et al. [5], underscoring the need to balance dimple size with acceptable surface roughness. Optimizing shot size is therefore essential to achieve desired properties without compromising the surface's structural integrity.

Finite element modeling (FEM) has emerged as an indispensable tool for studying the mechanics of the shot peening and predicting the surface integrity. Sanjurjo et al. [6], Gangaraj et al. [7], Hu et al. [8], and Bhuvaraghan et al. [9] have employed two- and three-dimensional FEM to simulate shot peening and analyze the contact between the shots and the target. These simulations reveal that process parameters, including shot velocity, impact angle, and shot size, affect dimple diameter and other surface characteristics significantly. While three-dimensional models offer comprehensive insights, they are computationally intensive. Two-dimensional models, on the other hand, are efficient alternatives for targeted investigations, such as analyzing dimple diameter or simulating single-shot impacts.

The present study conducts a numerical investigation of a single-shot impact during shot peening. An axisymmetric FE model was developed, incorporating the shot diameter, initial shot velocity, and the physical and mechanical properties of the target material under normal impact conditions. The predicted surface characteristics, including dimple diameter and depth, were validated by comparison with experimental and numerical data from the literature, as well as analytical model outputs.

2. MATERIALS AND METHODS

2.1 Materials

In this study, three different steel alloys, namely AISI 2205, AISI 4340, and SAE 1070 were used as target materials, and cast steel was used as shot material in the shot peening process. Table 1 provides some physical and mechanical properties of these materials.

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

Table 1. Mechanical Properties of Materials [6,8]

Materials	E (GPa)	ν	ρ(kg/m^3)
Cast Steel (Shot)	210	0.3	7800
AISI 2205 (Target)	192.433	0.3	7800
AISI 4340 (Target)	210	0.3	7800
SAE 1070 (Target)	205	0.29	7800

An appropriate constitutive material model is essential to accurately represent the mechanical behavior of material in shot peening. The Johnson-Cook constitutive model [10] is widely used and appropriate for this purpose as it effectively represents the mechanical behaviour of the material under high strain rates and different temperatures. The yield stress, $\bar{\sigma}$, is expressed in terms of isotropic hardening, strain rate hardening, and thermal softening, as shown in Eq. (1).

$$\bar{\sigma} = [A + B(\bar{\varepsilon}^{pl})^n]\left[1 + Cln\left(\frac{\dot{\bar{\varepsilon}}^{pl}}{\dot{\varepsilon}_0}\right)\right]\left[1 - \left(\frac{T - T_r}{T_m - T_r}\right)^m\right] \quad (1)$$

where $\bar{\varepsilon}^{pl}$ is the equivalent plastic strain, $\dot{\bar{\varepsilon}}^{pl}$ is the equivalent plastic strain rate, $\dot{\varepsilon}_0$ is the reference strain rate, A is the yield stress at room temperature, B is the strain hardening constant, C is the strain rate constant, n is the strain hardening power constant, and m is the thermal softening power constant, T_r is room temperature, T is the current temperature, and T_m is the melting temperature of the material. Table 2 displays the Johnson-Cook constitutive model parameters for AISI 2205, AISI 4340, and SAE 1070 steel alloys.

Table 2. Johnson-Cook Constitutive Model Parameters [6,8]

Material	A (MPa)	B (MPa)	C	n	m	$\dot{\varepsilon}_0$	T_m (°C)	T_r (°C)
AISI 2205	622	785.25	0.035	0.5046	1	1	1520	20
AISI 4340	1498	943.8	0.014	0.26	1.03	1	1520	20
SAE 1070	1408	600.8	00134	0.234	1	1	1520	20

2.2 Finite Element Model

The shot peening process was modeled as axisymmetric to enhance the computational efficiency by reducing the problem from three-dimensional (3D) to two-dimensional (2D). The effect of a single shot impact was investigated, and the proposed model focused on the behaviour of the material under monotonic load. Since the shot peening process involves thermo-mechanical deformation, the Johnson-Cook constitutive model was implemented for the target material in the dynamic analysis. Lagrangian formulation and Hertzian contact mechanics were utilized in the proposed model without friction coefficient. Figure 1 depicts the axisymmetric finite element model of the shot peening process.

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

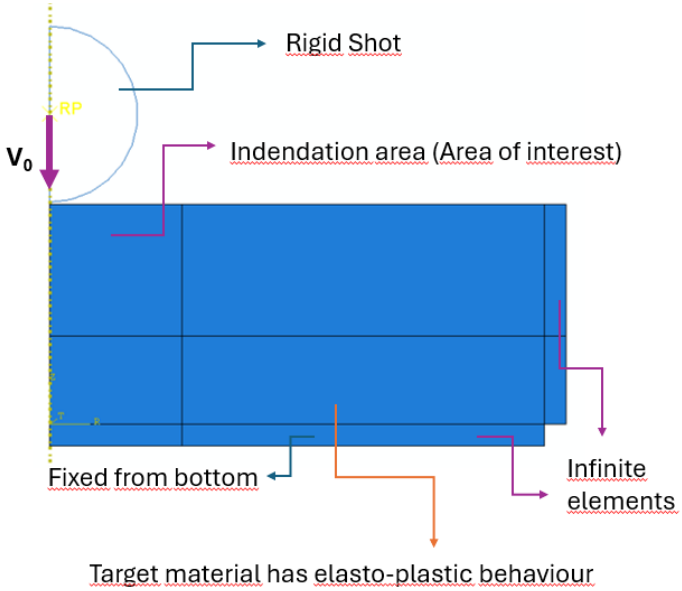


Figure 1: Axisymmetric Finite Element Model of Shot Peening Process

The target was modeled as a cylindrical specimen with a radius of 2.35 mm and 1.1 mm in height, as shown in Figure 1. Four-node axisymmetric elements with reduced integration were employed in the middle of the target specimen, whereas four-node axisymmetric infinite elements were used at the bottom and outer side edges of the specimen to eliminate the reflections of the elastic waves during shot peening and the size effect. The bottom of the specimen was constrained in all DOF. Since the shot impacted on the centre of the top surface of the specimen, the mesh was refined below this region (0.6 mm x 0.6 mm), and the biased mesh was used in the other parts of the specimen, as shown in Figure 2. Different element sizes between 2.5 µm and 25 µm were employed in the refined region on the target specimen to understand the effect of the element size on the solutions and to find the optimum element size in the proposed FE model of the shot peening process.

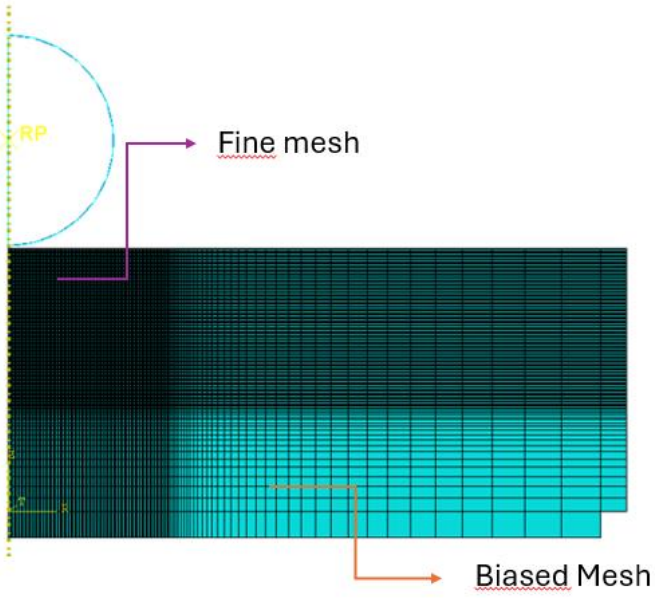


Figure 2: Mesh of Proposed Model

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

Steel shots were modeled rigid and axisymmetric, so stress calculations were not performed. Modeling the shots with elastoplastic behaviour would definitely increase the accuracy of the numerical results; however, it can increase the computational cost substantially, particularly in a three-dimensional model with multi-impact simulations for full coverage. A normal impact was used to maximize the impact energy in this research.

In the first stage of the investigation, the influence of element size on the results was examined, and the optimum element size was determined for the subsequent stages. Table 3 shows the process parameters at this stage for shot peening.

Table 3. Shot Peening Process Parameters for the Influence of Element Size

Target Material	Shot Diameter (mm)	Initial Shot Velocity (m/s)	Element Size (µm)
AISI 2205	0.8	44	2.5
			5
			10
			15
			20
			25

In the second stage of the study, different materials were selected from the literature, and the focus was on how the model would perform in shot peening for various target materials. The model's accuracy was assessed by comparing it with experimental and numerical results for these materials from the literature, as well as outcomes of the analytical models. Table 4 shows the process parameters for different target materials in shot peening.

Table 4. Shot Peening Process Parameters for Different Target Materials [6,7,8]

Target Material	Shot Diameter (mm)	Initial Shot Velocity (m/s)
AISI 2205	0.8	44
AISI 4340	0.8	70
SAE 1070	0.6	50

In the next stage of the analysis, the influence of shot diameter on shot peening process outputs was examined by finite element analysis. Table 5 shows the process parameters for this investigation.

Table 5. Shot Peening Process Parameters for the Influence of Shot Diameter

Target Material	Shot Diameter (mm)	Initial Shot Velocity (m/s)
AISI 2205	0.4	44
	0.6	
	0.8	
	1	

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

In the last stage of the research, the influence of initial shot velocity on shot peening process outputs was examined by finite element analysis. Table 6 shows the process parameters for this investigation.

Table 6. Process Parameters for the Influence of the Initial Shot Velocity

Target Material	Shot Diameter (mm)	Initial Shot Velocity (m/s)
AISI 2205	0.8	30
		44
		50
		70

2.3 Analytical Models

Figure 3 shows typical dimples (indentations) on the surface of the target after the shot peening process. It must be noted that there could be overlaps of the dimples during the real shot peening process.

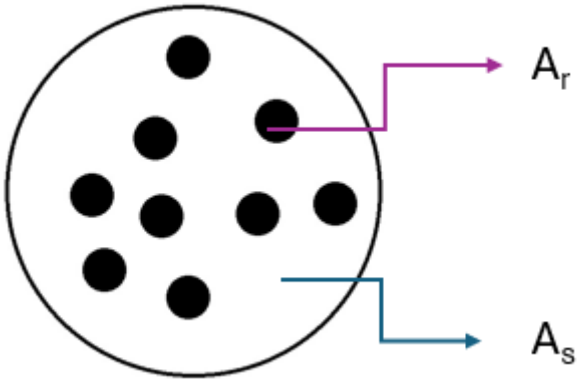


Figure 3: Dimples (Indentations) in Shot Peening

One important measure of the shot peening process is called coverage, expressed as the percentage of the total area of the dimples to the area of the target surface or the percentage of the treated surface. For full coverage, it must be at least 98%. The experimental measurement during the industrial application is not very practical. Shot peening coverage, C, is expressed by the well-known Avrami Equation by Eq. (2) [11].

$$C = 100x\left[1 - e^{\left(-\frac{A_r}{A_s}N_i\right)}\right] \quad \text{Eq. (2)}$$

Where; A_r is the dimple area after a single impact of a shot on the target surface, A_s is the area of the target surface, N_i is the number of impacts in a shot peening process. For a 3-D multi-impact shot peening process, the dimple area must be known before the simulations. Dimple diameter can be estimated by 2-D, 3-D finite element models and analytical models, or measured experimentally after a single shot impact.

Analytical models are useful to calculate the theoretical maximum radius of dimple (a) and depth of dimple (δ). The details of a dimple after a single impact in the shot peening process are demonstrated in Figure 4.

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

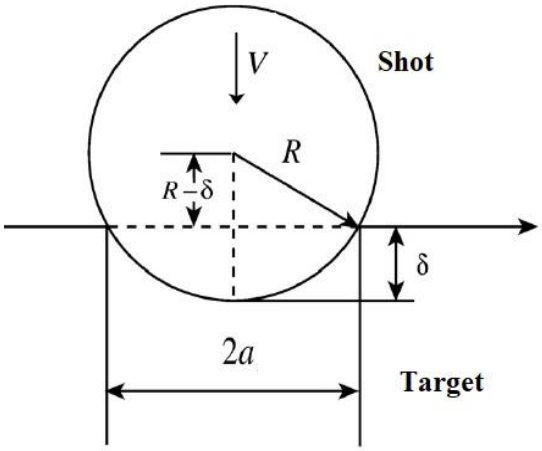


Figure 4: Details of a Dimple After a Single Impact in Shot Peening

Miao et al. [12] demonstrated the analytical models for the radius and depth of dimples. For a fully elastic material, the radius of dimple (a_e) and depth of dimple (δ_e) are expressed by Eq.(3) and Eq.(4), respectively.

$$a_e = R\left[\frac{5\pi k\rho(Vsin\theta)^2}{4E_H}\right]^{\frac{1}{5}} \quad \text{Eq. (3)}$$

$$\delta_e = R\left[\frac{5\pi k\rho(Vsin\theta)^2}{4E_H}\right]^{\frac{2}{5}} \quad \text{Eq. (4)}$$

Where; R is the shot radius, ρ is the density of the shot material, V is the initial shot diameter, θ is the impact angle, k is the efficiency coefficient, and E_H is the equivalent elasticity modulus. The efficiency coefficient, which accounts for elastic and thermal dissipation during impact, is set at 0.8, as suggested by Johnson [13]. The equivalent elasticity modulus is expressed by Eq. (5).

$$\frac{1}{E_H} = \frac{1-\nu_S^2}{E_S} + \frac{1-\nu_T^2}{E_T} \quad \text{Eq. (5)}$$

For a fully plastic material, the radius of dimple (a_p) and depth of dimple (δ_p) are calculated by Eq.(6) and Eq.(7), respectively.

$$a_p = R\left[\frac{8\rho(Vsin\theta)^2}{9\sigma_S}\right]^{\frac{1}{5}} \quad \text{Eq. (6)}$$

$$\delta_p = \sqrt{\frac{2\rho R^2(Vsin\theta)^2}{9\sigma_s}} \quad \text{Eq. (7)}$$

where σ_s is the yield stress of the target material.

3. RESULTS and DISCUSSIONS

In the initial stage of this research, the effect of element size on the shot peening process outputs was systematically investigated. Six different element sizes, ranging from 2.5 μm to 25 μm, were evaluated in the contact region, considering both error rate and computational time. As depicted in Figure 5, this analysis was conducted using AISI 2205 as the target material, with a 0.8 mm diameter steel shot impacting at an initial velocity of 44 m/s. The optimal element

size was determined to be 5 µm, which resulted in an estimated dimple diameter of 259 µm—only a 0.4% underestimation compared to the experimental value of 260 µm. Models employing other element sizes also produced results within a 2% variation from the experimental data. The largest deviation was observed in the model with a 25 µm element size, while the longest computational time was associated with the model using a 2.5 µm element size. Based on these findings, a 5 µm element size was selected for further analyses, balancing computational efficiency and accuracy.

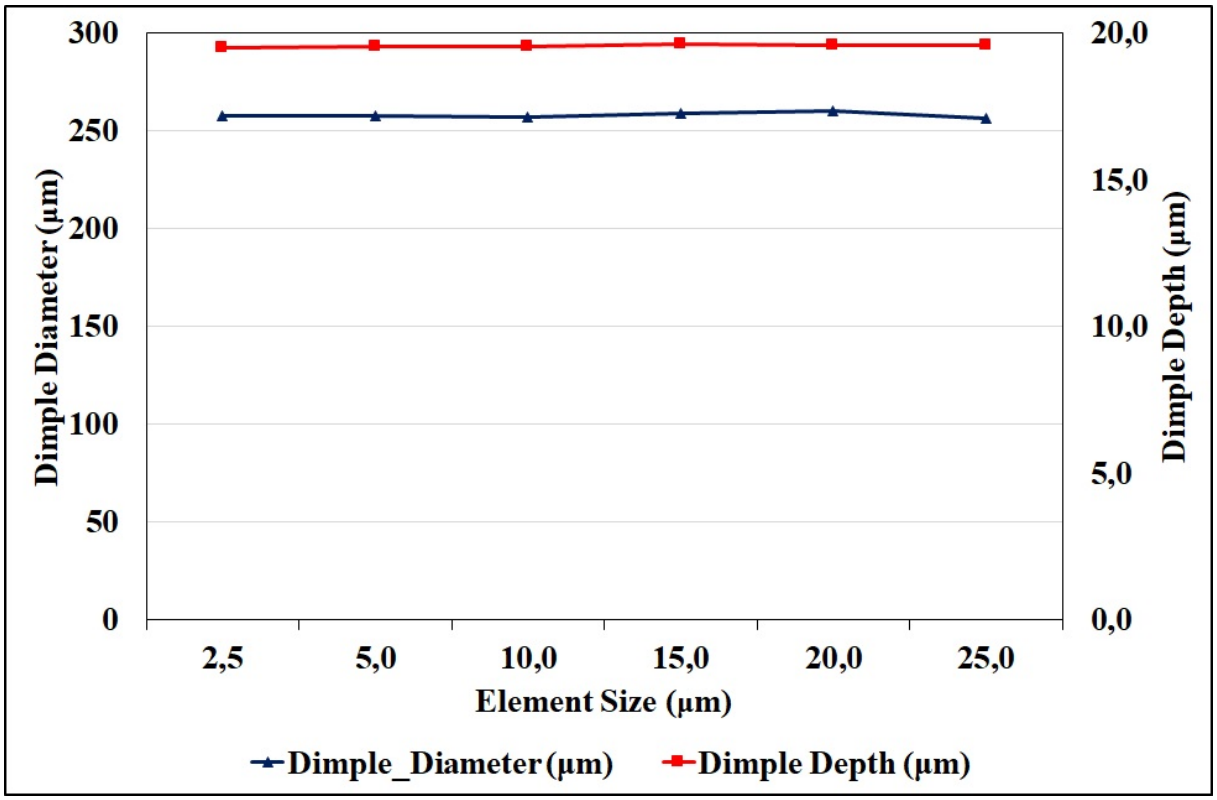


Figure 5: Effect of Element Size on the Process Outputs After a Single Impact in Shot Peening Process (Target Material:AISI 2205, Shot Diameter: 0.8 mm, Initial Shot Velocity:44 m/s)

Figure 6 illustrates the dimple profile induced by a single impact of a 0.8 mm steel shot on AISI 2205 target material, with an initial impact velocity of 44 m/s, as estimated by finite element analysis utilizing a 5 µm element size. The horizontal axis illustrates the position from the center of the target (in millimeters), while the vertical axis corresponds to the plastic deformation (in micrometers). From the plot, the dimple diameter and depth resulting from the FE analysis with specified shot peening parameters were determined to be 259 µm and 19.5 µm, respectively.

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

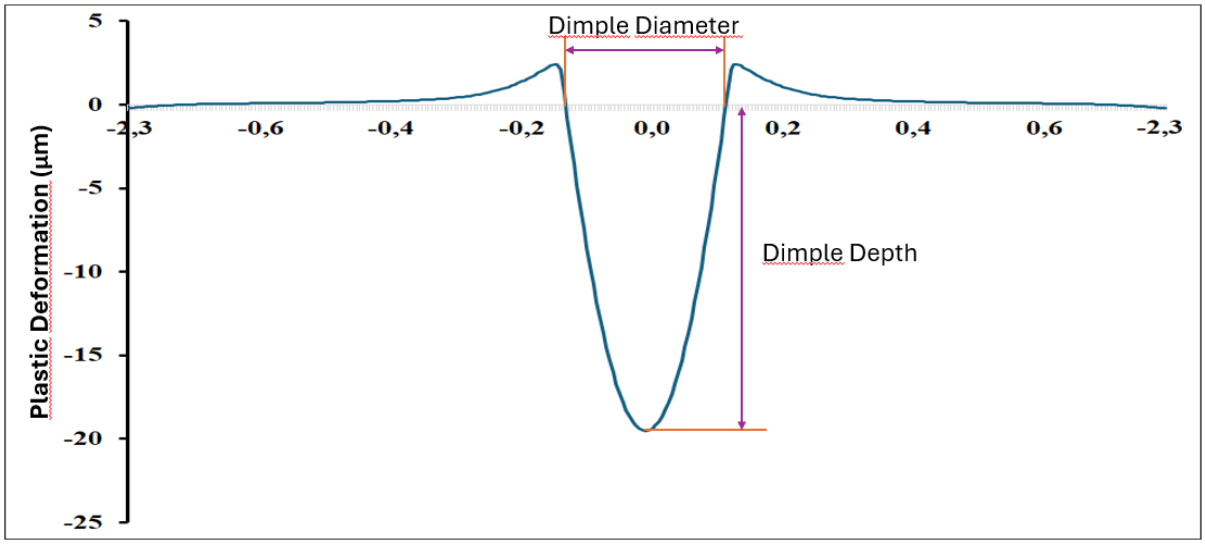
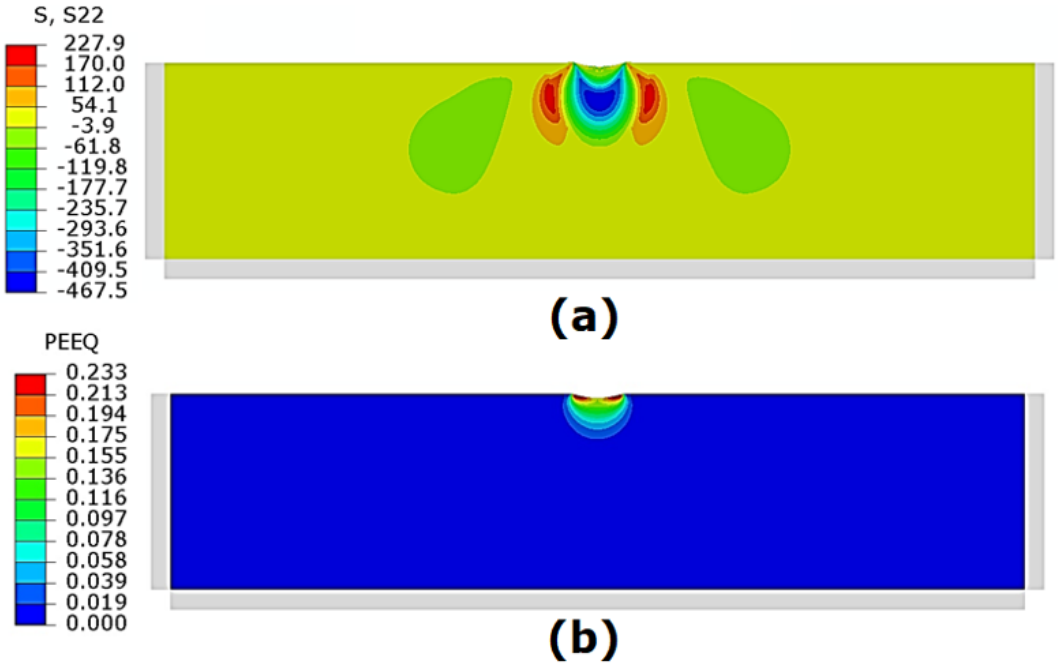


Figure 6: Dimple Profile After a Single Impact in Shot Peening Process (Target Material:AISI 2205, Shot Diamater: 0.8 mm, Initial Shot Velocity:44 m/s)

Figure 7 illustrates the resulting residual stress distribution in the vertical direction and the equivalent plastic deformation resulting from a single impact of a 0.8 mm steel shot on AISI 2205 target material at an initial velocity of 44 m/s, as determined through finite element analysis using a 5 µm element size. While the residual stress distribution presented here is specific to a single impact and does not reflect the entire shot peening with full coverage, it provides valuable insights into the localized effects of individual impacts. The maximum compressive residual stress is 467.5 MPa, corresponding to approximately 75% of the material's yield strength at a depth of 182 µm from the top surface. Additionally, the maximum equivalent plastic deformation is 0.233 under the specified process parameters.



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

Figure 7: (a) Stress in the Vertical Direction (b) Equivalent Plastic Strain (PEEQ) After a Single Impact in Shot Peening Process (Target Material:AISI 2205, Shot Diameter: 0.8 mm, Initial Shot Velocity:44 m/s)

In the second stage of the study, three target materials referenced in the literature, namely AE 1070, AISI 2205, and AISI 4340, were chosen to assess the compatibility and efficiency of the proposed finite element model. The model's accuracy was assessed by comparing its predictions with experimental, numerical data obtained from the literature, as well as analytical model outputs. Figure 8 presents the dimple diameters predicted by the proposed finite element model alongside those reported in the literature for the selected materials. For validation purposes, the process parameters used in the proposed model were used identical to those specified in the literature. The differences between the proposed model and the experimental or numerical results were 1.9% for SAE 1070, 0.4% for AISI 2205, and 2.3% for AISI 4340, demonstrating the high accuracy of the model. The results underscore the robustness and reliability of the current model in capturing the mechanics of the shot peening process. When compared to the analytical models, the proposed finite element analysis (FEA) results exhibited a consistent trend. The predicted dimple diameters were larger than those of the analytical model assuming purely elastic material behavior but smaller than those of the analytical model assuming purely plastic material behavior. The differences ranged between 9% and 50%, can be attributed to the use of an elastoplastic material model that does not conform strictly to either perfectly elastic or perfectly plastic assumptions. This difference arises due to the unloading effect caused by shot rebound, which allows for relaxation in the deformation of the target material.

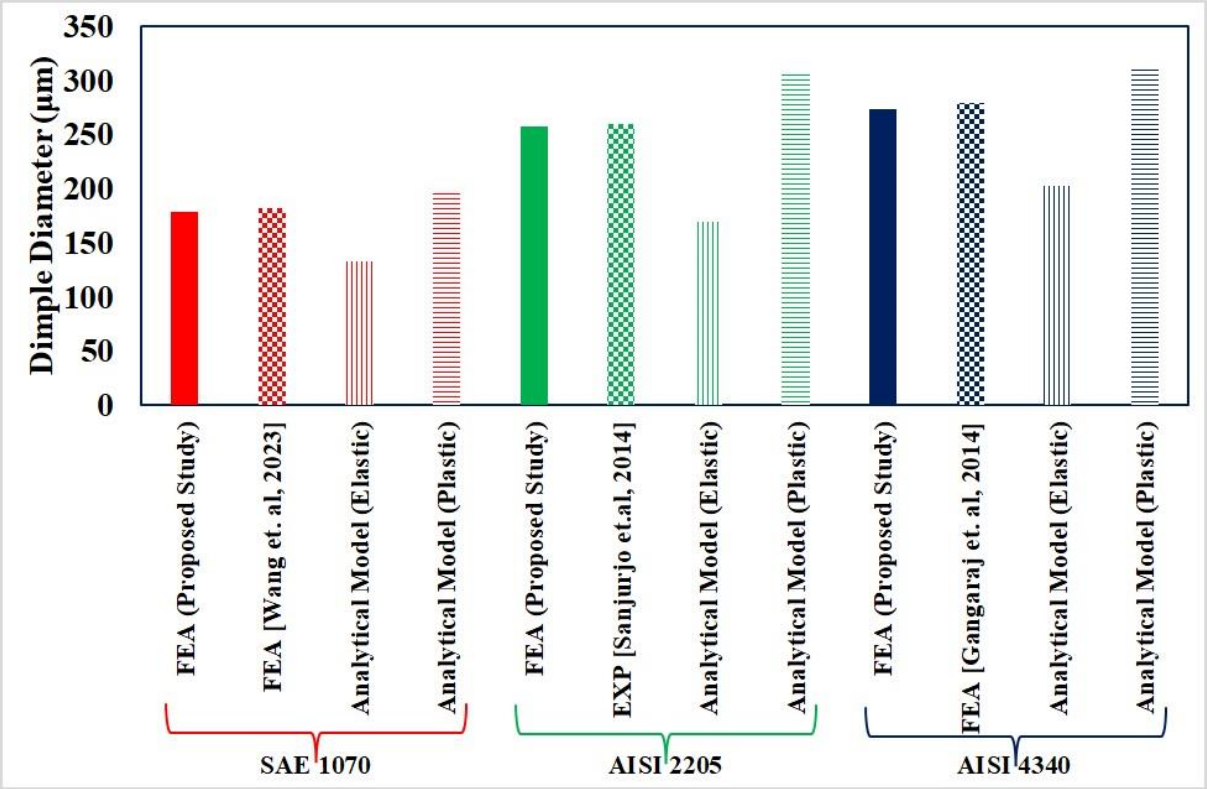


Figure 8: Comparison of Dimple Diameter with Published Literature and Analytical Models After a Single Impact in Shot Peening Process

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

Figure 9 presents the dimple depths estimated by the proposed FE model in comparison with those reported in the literature for SAE 1070, AISI 2205, and AISI 4340. For SAE 1070, the proposed model estimated a dimple depth of 12.12 µm, whereas Wang et al. [14] reported a depth of 12.03 µm, corresponding to a 0.75% overestimation. The proposed model generally predicted dimple depths smaller than those derived from analytical models, with deviations ranging between 8% and 30%. It is essential to mentioned that the analytical models calculate maximum dimple depths just before the shot bounces back. In contrast, the proposed FE model accounts for the unloading and relaxation behavior inherent to elastoplastic materials, providing more realistic and physically representative results compared to the analytical approaches.

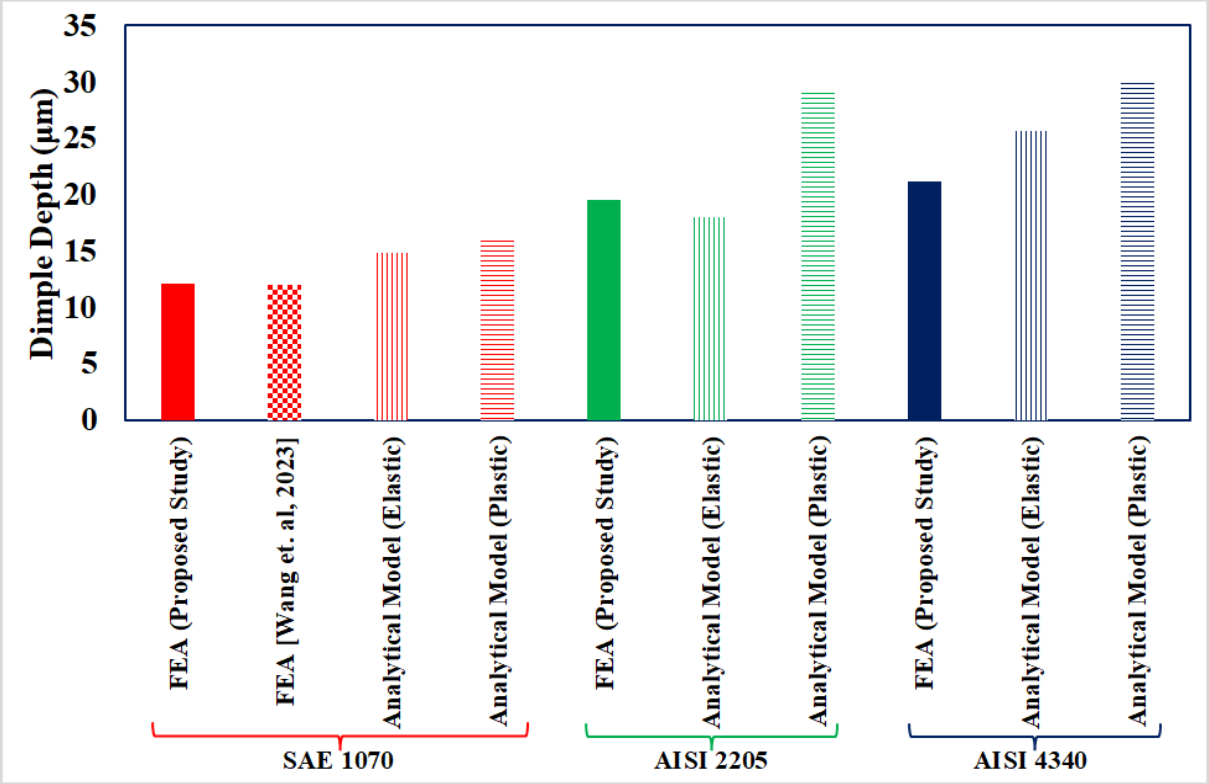


Figure 9: Comparison of Dimple Height with Published Literature and Analytical Models After a Single Impact in Shot Peening Process

In the third stage of the analysis, the influence of shot diameter on the outputs of the shot peening process was investigated using finite element analysis. AISI 2205 steel alloy was selected as the target material, with an initial shot velocity of 44 m/s. Steel shots with diameters of 0.4 mm, 0.6 mm, 0.8 mm, and 1 mm were employed in the simulations. Figure 10 illustrates the correlation between shot diameter and the numerically obtained dimple diameter and depth following a single impact. The smallest dimple diameter and depth, 128.5 µm and 9.8 µm respectively, were observed in simulations using a 0.4 mm diameter steel shot. Conversely, the largest dimple diameter and depth, 321.6 µm and 24.3 µm respectively, were recorded in simulations using a 1 mm diameter steel shot. This demonstrates that a 150% increase in shot diameter resulted in an approximately 150% increase in both dimple diameter and depth. The observed trend can be explained by the increase in kinetic energy with larger shot mass, as greater impact energy naturally produces larger dimple formation.

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

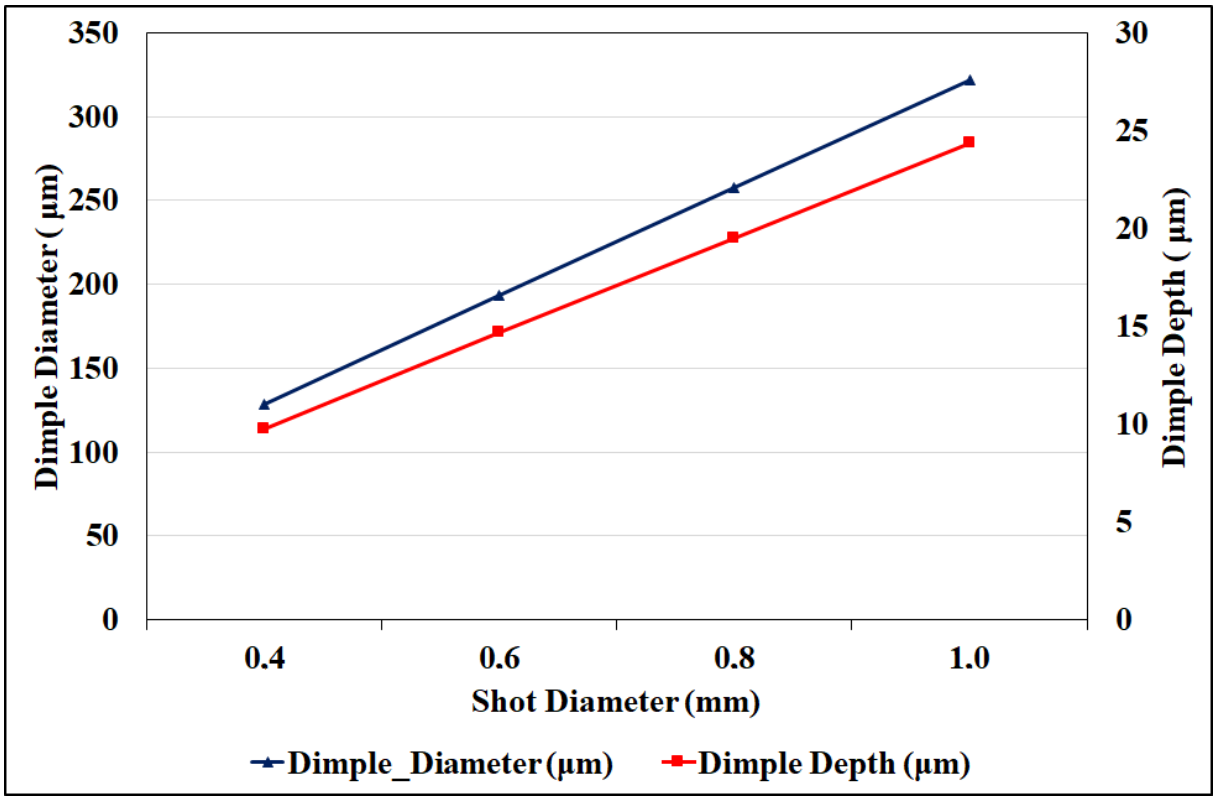


Figure 10: Effect of Shot Diameter on Dimple Diameter and Dimple Height After a Single Impact in Shot Peening Process (Target Material:AISI 2205, Initial Shot Velocity:44 m/s)

In the final stage of the investigation, the influence of initial shot velocity on the outcomes of the shot peening process was analyzed using finite element modeling. AISI 2205 steel alloy was chosen as the target material, and the shot diameter was fixed at 0.8 mm. Simulations were conducted for initial shot velocities of 30 m/s, 44 m/s, 50 m/s, and 70 m/s. Figure 11 illustrates the influence of initial shot velocity on the numerically obtained dimple diameter and depth resulting from a single impact. The smallest dimple diameter and depth, 214.2 µm and 13.4 µm respectively, were observed at an initial velocity of 30 m/s. Conversely, the largest dimple diameter and depth, 322.4 µm and 30.8 µm respectively, were recorded at an initial velocity of 70 m/s. The results indicate that a 133.3% growth in the shot velocity led to an approximately 50.6% increase in dimple diameter and a 130% increase in dimple depth. The observed effects are attributed to the quadratic relationship between kinetic energy and velocity. As the initial shot velocity increases, the impact energy rises significantly, resulting in larger dimple dimensions. Notably, the dimple depth is more sensitive to changes in initial velocity than the dimple diameter.

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

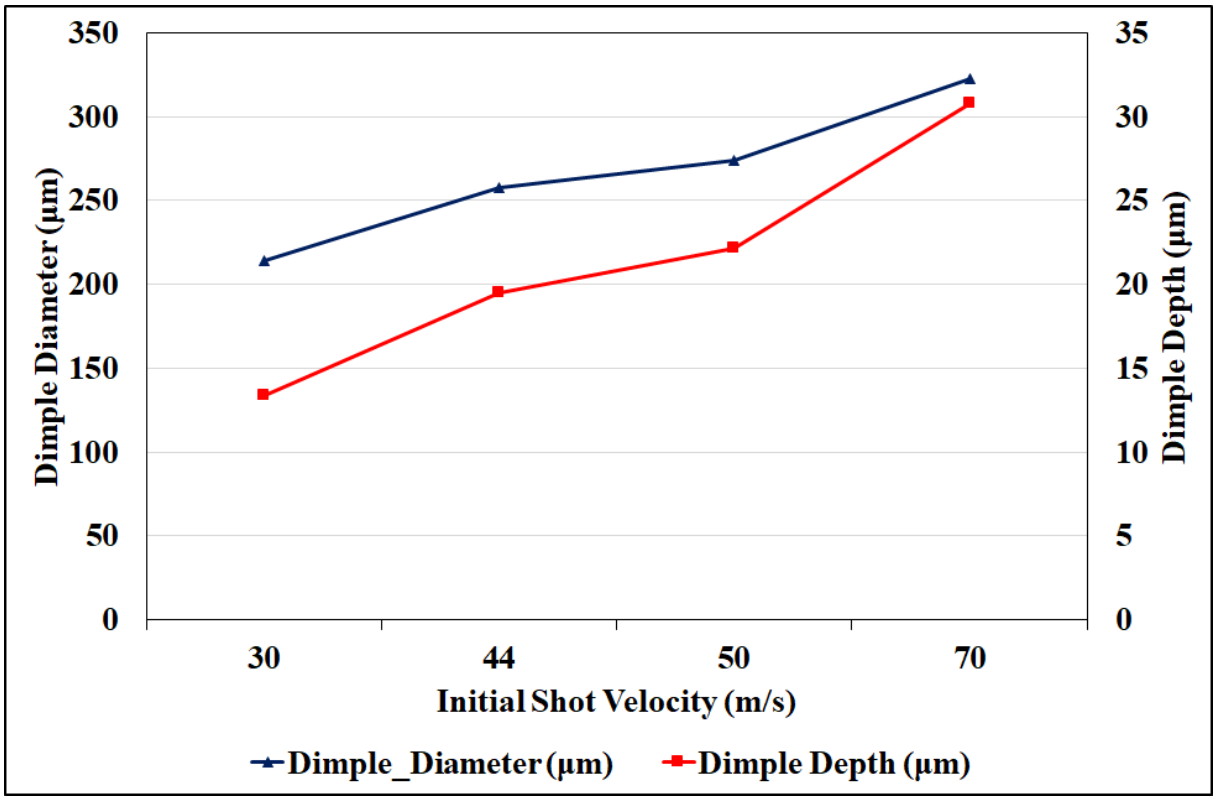


Figure 11: Effect of Shot Velocity on Dimple Diameter and Dimple Height a Single Impact in Shot Peening Process (Target Material:AISI 2205, Shot Diameter:0.8 mm)

4. CONCLUSION

This study investigated the mechanics of a single impact in the shot peening process using an axisymmetric dynamic finite element model. The primary objective was to analyze the effects of individual impacts on target surfaces, accounting for material properties, target constitutive behavior, shot diameter, and initial shot velocity. The finite element model employed a pure Lagrangian formulation with Hertzian contact mechanics and was designed as a two-dimensional model to reduce computational costs. Comparisons with experimental and numerical data from the literature were performed using three steel alloys (SAE 1070, AISI 2205, and AISI 4340). The main findings of this research are as follows:

- The developed model demonstrated strong agreement with experimental results, with a maximum variation of 2.3% for dimple diameter and 0.75% for dimple depth compared to published experimental and numerical data. The model accurately captured the effects of shot peening across all materials investigated.
- Both shot diameter and initial shot velocity significantly influenced the dimple dimensions. Shot diameter had a more pronounced effect on dimple diameter, while dimple depth was influenced similarly by both parameters. The quadratic relationship between velocity and kinetic energy further underscores the critical role of impact energy in determining dimple dimensions.
- The proposed FE model offers a robust and cost-effective alternative to expensive and time-intensive experimental tests for studying the shot peening process. It provides a

foundation for optimizing process parameters and enhancing the efficiency of surface treatments.

Future developments could extend this model to three-dimensional multi-impact simulations incorporating conventional full-coverage and severe shot peening processes. This would enable the prediction of more complex outputs, such as residual stress profile, surface roughness, and fatigue life. With careful application, the model can be integrated into research and development activities, serving as a valuable tool for optimizing machine components and improving surface treatment techniques.

REFERENCES

1. Zhou, F., Jiang, W., Du, Y., & Xiao, C. A Comprehensive Numerical Approach for Analyzing the Residual Stresses in AISI 301LN Stainless Steel Induced by Shot Peening, Materials, 12, 20, 2019.

2. Khun, N., Trung, P., & Butler, D. (2021). Study on Hardness and Wear resistance of Shot Peened AA7075-T6 Aluminum Alloy, Engineering Research Express, 3, 1, 2021.

3. Liu, Z., Wong, T., Huang, W., Sridhar, N., & Wang, X. Effect of Surface Polishing Treatment on the Fatigue Performance of Shot-Peened Ti–6Al–4V Alloy, Acta Metallurgica Sinica (English Letters), 30, 7, 2017.

4. Akyildiz, H., Külekçi, M., & Eşme, U. Influence of Shot Peening Parameters on High-Cycle Fatigue Strength of Steel Produced by Powder Metallurgy Process, Fatigue & Fracture of Engineering Materials & Structures, 38, 10, 2015.

5. Sorsa, A., Santa-aho, S., Wartiainen, J., Suominen, L., Vippola, M., & Leiviskä, K. Effect of Shot Peening Parameters to Residual Stress Profiles and Barkhausen Noise, Journal of Nondestructive Evaluation, 37, 1, 2018.

6. Sanjurjo, P., Rodríguez, C., Peñuelas, I., García, T.E., Belzunce, F.J. Influence of the Target Material Constitutive Model on the Numerical Simulation of a Shot Peening Process, Surface and Coatings Technology, 258, 822-831, 2014.

7. Gangaraj, S.M.H., Guagliano, M., Farrahi, G.H. An Approach to Relate Shot Peening Finite Element Simulation to the Actual Coverage, Surface and Coatings Technology, 243, 39-45, 2014.

8. Hu, D., Gao, Y., Meng, F., Song, J., Wang, Y., Ren, M., Wang, R. A Unifying Approach in Simulating the Shot Peening Process Ssing a 3D Random Representative Volume Finite Element Model, Chinese Journal of Aeronautics, 30, 4, 2017.

9. Bhuvaraghan, B., Srinivasan, S., Maffeo, B., McClain, R., Potdar, Y., & Prakash, O. Shot Peening Simulation Using Discrete and Finite Element Methods, Advances in Engineering Software, 41, 12, 2010.

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

10. Johnson, G.R. & Cook, W.H. *A Constitutive Model and Data for Metals Subjected to Large Strains, High Strain Rates and High Temperatures*. Proceedings of the Seventh International Symposium on Ballistics, 541–547, The Hague, 1983.

11. Avrami, M. Geometry and Dynamics of Populations, Philosophy of Science 8, 115–132, 1941.

12. Miao, H.Y., Larose, S., Perron, C., Lévesque, M. An Analytical Approach to Relate Shot Peening Parameters to Almen Intensity, Surface and Coatings Technology, 205, 7, 2010.

13. Johnson, W. *Impact Strength of Materials*, Edward Arnold and London, 1972.

14. Wang, C., Tao, X., Sun, K. Wang, S., Li, K., Deng, H. On the Sensitivity of the Three-Dimensional Random Representative Finite Element Model of Multiple Shot Impacts to the SP-Induced Stress Field, Almen Intensity, and Surface Roughness, The International Journal of Advanced Manufacturing Technology, 125, 2549–2567, 2023.

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

USE OF RECYCLED POLYMER-ADDED ABS IN THE PRODUCTION OF HINGE PLATES USED IN REFRIGERATORS BY PLASTIC INJECTION MOLDING

Duygu CANDAR [1], Hakan ŞAHLAN [2], Melih ŞENGÖZ [3]

[1]Eskisehir Technical University, Faculty of Engineering, Material Science and Engineering, Eskisehir, Turkey, https://orcid.org/0000-0003-0848-5332.

[2]Nova Mould Industry Inc., Eskisehir, Turkey, https://orcid.org/0009-0006-1926-3232

[3]Nova Mould Industry Inc., Eskisehir, Turkey, https://orcid.org/0009-0002-4256-0439

ABSTRACT

The release of plastic waste from production facilities, hospitals, homes and offices into nature has increased with the increased in the use of polymeric materials all over the world. Releasing plastic waste in nature causes soil and water pollution and disrupts the balance of the ecological system by mixing with the food chain. When plastic waste is not recycled, it also harms the national economy. So, plastic recycling studies have accelerated in recent years. In this paper, the hinge plates used in refrigerators were produced by injection molding using recycled polymer-added ABS. 20% recycled polymer added raw material was used during production and the effect of recycled polymer addition on the physical and mechanical properties of the product was investigated in relation to the microstructure. When the colors and brightness of products made of standard ABS and ABS containing recycled polymer additive were compared with measuring devices and visual inspection, it was determined that these products could be used interchangeably. When the tensile test results of products made from two different polymers were examined, it was determined that the addition of recycled polymer caused a slight decrease in tensile strength and an approximately 3-fold increase in elongation at break. The use of 20% recycled polymer added ABS raw material in the production of hinge bearings used in refrigerators is suitable in terms of the physical and mechanical performance of the product.

Keywords: Recyled polymers, ABS, injection molding, hinge plate, refrigerator

1.INTRODUCTION

The release of plastic waste from production facilities, hospitals, homes and offices into nature has increased with the increased in the use of polymeric materials all over the world. Non-recycled polymer waste cause soil and water pollution, disrupts the balance of the ecological system and it also harms the national economy [1,2,3,4,5]. So, plastic recycling studies have accelerated in recent years and studies have carried out on the recycling of many polymers such as polypropylene [6,7,8], polyethylene [6,7], polyurethane [9,10], polyvinyl chloride [11,12], polyethylene terephthalate [2,13] and ABS [14,15] etc.

ABS is a terpolymer synthesized by polymerization of acrylonitrile and styrene monomers in the polybutadiene existence [15,16,17]. It consists of 3 different monomers: acrylonitrile, butadiene

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

and styrene, and each of these monomers gives ABS different properties. Styrene provides gloss, workability and rigidity, while acrylonitrile provides high chemical and heat resistance and butadiene monomer provides toughness [14].

It is one of the most widely used polymers in electrical, electronic equipment, the automotive industry, toys and household appliances today due to it' s high impact and heat resistance, lightness, easy processability and excellent dimensional stability [18,19,20,21]. The fact that ABS can be modified with additives to gain different properties also makes its use widespread [19,20,21]. The increasing use of ABS polymer and new European standards make recycling of this polymer important from an economic and environmental perspective [15].

In this study, the effect of recycled polymer additive on the physical and mechanical properties of the hinge plates used in refrigerators was investigated by using standard thermoplastic ABS and ABS raw material containing 20% recycled polymer additive.

2. EXPERIMENTAL RESEARCH

Plastic raw material properties are critical for the proper determination of parameters in the injection molding process and for the final product to be produced in the planned quality. Therefore, experimental studies were started by measuring the density values and determining the moisture contents of standard ABS and ABS raw material containing 20% recycled polymer in this work. Density values of polymeric materials in granular form were measured via Precisa 220A analytical balance and density measurement kit based on TS EN ISO 1183-1 Method A. The moisture content values of polymers were determined by Kern DBS 60-3 branded halogen moisture analysis equipment.

Hinge plates were produced by injection molding process using Arburg branded machine. Whether the critical dimensions of the hinge plate specified on the technical drawing are within the tolerance range has been controlled through measurements. Color and gloss measurements of prototype products were made with a Konica Minolta branded spectrophotometer and glossmeter.

Tensile tests were performed at TUBITAK BUTAL based on ISO 527-2. Microstructural analysis were accomplished via FE-SEM at 5 kV at Kutahya Dumlupınar University after tensile tests. The hardness values of products made of ABS containing recycled polymer additives and virgin ABS were determined using the Mitutoyo Corp. branded Shore D hardness tester.

3. RESULTS AND DISCUSSION

Moisture content and density measurement results are given in Table 1. The moisture content of the polymeric raw materials was suitable for injection molding production, and the density values were very close to the values received from the polymer supplier company.

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

Table1. Density and moisture content measurement results of polymeric raw materials

.

Property	Standard ABS	%20 Recycled Polymer Added ABS
Moisture %	1.04	1.06
Density (g/cm^3)	0.10	0.12

Dimensional measurement results of the hinge plate parts and the tolerance values are given in Table 2. As a result of the measurements, it was determined that the dimensions of the final products were within the specified tolerance range based on DIN 16901. The properties of the parts produced by the injection molding process can vary depending on the mold cavity due to mold design and the flow characteristics of the molten polymer. Therefore, dimensional control measurements were made by taking into account the mold cavities in which the parts were produced.

Table 2. Dimensional measurement results of the hinge plate parts

No.	Specified Value	Tolerance (DIN 16901)	1st Cavity	2nd Cavity	3rd Cavitiy	4rd Cavity
1	78,00	±0,34	77,89	78,04	77,93	78,00
2	22,00	±0,17	21,77	21,91	21,77	21,88
3	20,00	±0,15	20,02	20,12	20,06	20,08
4	20,00	±0,20	37,98	38,02	37,94	38,00
5	11,00	±0,13	10,98	10,81	10,99	10,74
6	15,00	±0,15	15,00	15,03	14,90	15,06
7	5,60	±0,10	5,88	5,83	5,92	5,92
8	3,50	±0,10	3,45	3,44	3,40	3,39
9	17,00	±0,15	16,96	16,96	16,93	16,94
10	12,00	±0,13	12,07	12,09	12,08	11,89
11	2,5	±0,09	2,39	2,53	2,58	2,37
12	1,50	±0,09	1,48	1,44	1,49	1,52
13	4,00	±0,10	3,97	3,94	3,88	3,75
14	12,00	±0,13	12,05	11,91	12,00	11,88

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

15	1,50	±0,09	1,47	1,53	1,48	1,46

Color and gloss measurement results are given in Table 3 and in Table 4, respectively. Samples produced from standard ABS are named with S, while samples produced from recycled polymer containing ABS are named with R. When the color measurement results of 3 samples produced from each of the two polymers were compared, it was determined that the addition of recycled polymer caused a darkening of the color tone of up to 4%. In addition, a decrease in product gloss ranging from approximately 13% to 20% is observed due to recycled polymer addition.

Table 3. Color measurement results of the samples

Sample Name	L*	a*	b*
S-1	26.56	0.02	-1.12
S-2	26.37	0.03	-1.10
S-3	26.27	0.03	-0.65
R-1	27.28	0.09	-0.33
R-2	26.37	0.15	-0.10
R-3	25.68	0.12	-0.35

Table 4. Gloss measurement results of the samples

Sample Name	θ=20°	θ=60°	θ=85°
S-1	1.8	58.6	80.3
S-2	2.4	54.0	73.7
S-3	2.2	53.1	70.4
R-1	3.2	46.5	77.6
R-2	1.6	47.2	60.2
R-3	1.7	47.1	61.0

Tensile test results of samples made of virgin ABS and ABS containing 20% recycled polymer are given in Table 5. The tensile strength and elastic modulus values of the product produced from recycled polymer-added ABS are very close (decrease of less than 2%) to the values of the product produced from virgin ABS. In addition, more than 3-fold increase in elongation at break was observed with the use of recycled polymer-added ABS.

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

Table 5. Tensile test results of samples made of virgin ABS and ABS containing 20% recycled polymer

Sample Name	Elastic Modulus (MPa)	Tensile Strength (MPa)	Strain at Break (%)
S-1	2167	42.2	12.77
S-2	2236	42.6	9.29
S-3	2234	42.6	8.37
Average	2212	42.5	10.1
R-1	2150	41.3	25.7
R-2	2265	41.5	37.1
R-3	2097	42.2	31.1
Average	2171	41.7	31.3

The hardness measurement results of the samples are given in Table 6. It was observed that the difference between the hardness values on the Shore D scale of the products made of two different polymers was between 0.6-4%.

Table 6. Hardness measurement results

Sample Name	Hardness (Shore D)
S-1	73.7
S-2	77.7
S-3	75.3
R-1	74.5
R-2	75.3
R-3	77.2

The results of the microstructure analysis performed after the tensile test are given in Figure 1 and Figure 2. Ductile fracture behavior was observed in both samples produced from standard ABS and ABS containing recycled polymer.

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

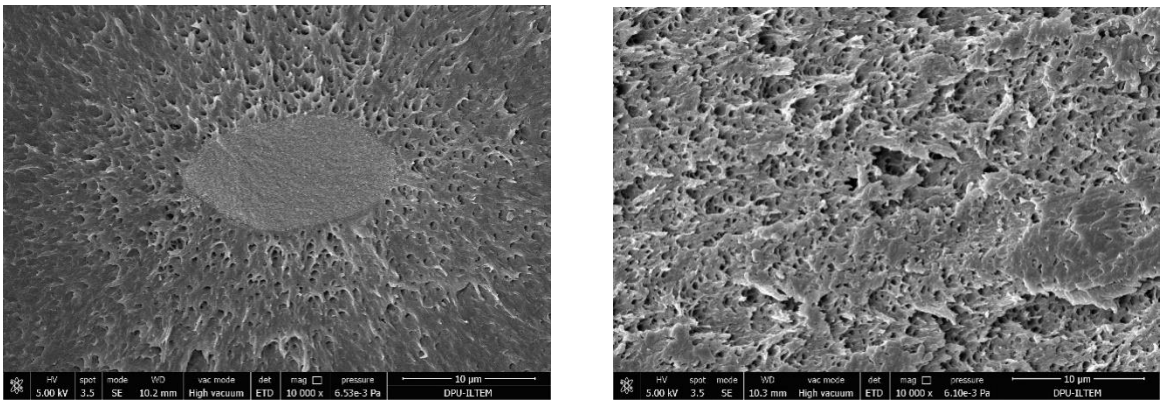


Figure 1. SEM images of samples produced from standard ABS

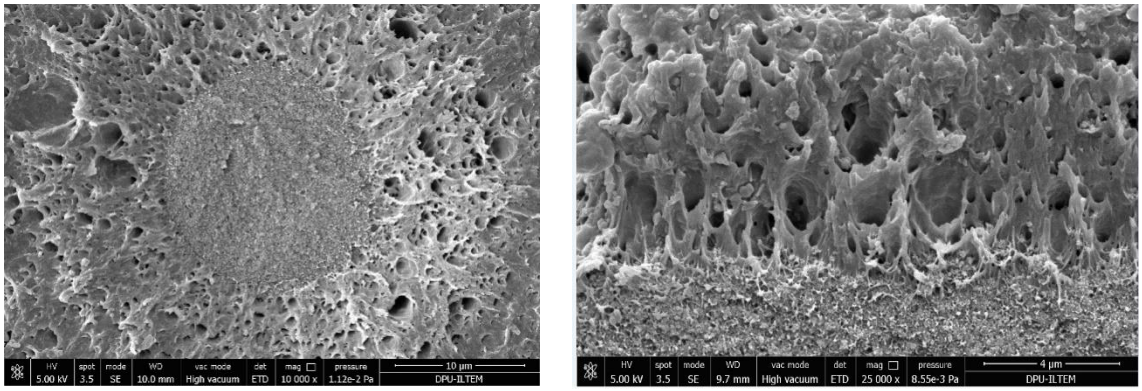


Figure 2. SEM images of samples produced from recycled polymer added ABS

The addition of 20% recycled polymer to ABS caused changes in tensile strength, elastic modulus and color tone that did not affect the product performance. A significant decrease in product brightness was observed, but since the hinge plate is not a visible part, this change can be ignored.

REFERENCES

[1] Ignatyev, A. I., Thielemans, W., Beke, V. B. Recycling of Polymers: A Review, European Chemical Societies Publishing, May, 7, 6, 2024.

[2] Güçlü, M., *Thermal Stability Investigation of Recycled Polyethylene Terephthalate (PET) Through Dynamic Rheological Measurements, Master's Thesis,* Istanbul Technical University, Institute of Science and Technology, Istanbul, 2020.

[3] Sasse, F., Emig, G. Chemical Recycling of Polymer Materials, Chemical Engineering & Technology, October, 21, 10, 1998.

[4] Chanda, M. Chemical Aspects of Polymer Recycling, Advanced Industrial and Engineering Polymer Research, July, 4, 3, 2021.

[5] Toroslu, G. A., Geri Dönüşümlü Akrilonitril Bütadiyen Stiren (ABS) Plastik Malzemesinin Kalıplama Parametrelerine Etkisi, Politeknik Dergisi, 23,3,2020.

[6] Aschilias, S. D., Roupakias, C., Megalokonomos, P., Lappas, A. A., Antonakov, V. E. Chemical Recycling of Plastic Wastes Made from Polyethylene (LDPE and HDPE) and Polypropylene (PP), Journal of Hazardous Materials, November, 149, 3, 2007.

[7] Meran, C., Ozturk, O. Yuksel, M. Examination of the Possibility of Recycling and Utilizing Recycled Polyethylene and Polypropylene, Materials & Design, November, 29, 3, 2008.

[8] Spicker, C., Rudolph, N., Kühnert, I., Aumnate, C. The Use of Rheological Behavior to Monitor the Processing and Service Life Properties of Recycled Polypropylene, Food Packaging and Shelf Life, March, 19, 2019.

[9] Zahedifar, P., Pazdur, L., Vande Velde, L. M. C., Billen, P. Multistage Chemical Recycling of Polyurethanes and Discarbamates: A Glycolysis-Hydrolysis Demonstration, Sustainability, February, 13, 2021.

[10] Behrendt, G., Naber, W. B. The Chemical Recycling of Polyurethanes (Review), Journal of the University of Chemical Technology and Metallurgy, February, 44, 1, 2009.

[11] Sadat-Shojai, M., Bakhshandeh, R. G. Recycling of PVC Wastes, Polymer Degradation and Stability, April, 96, 4, 2011.

[12] Lewandowski, K., Skórczewska, K. A Brief Review of Poly(Vinyl Chloride) (PVC) Recycling, Polymers, June, 14,15, 2022.

[13] Welle, F. Twenty Years of PET Bottle to Bottle Recycling-An Overview, Resources, Conservation and Recycling, September, 55, 11, 2021.

[14] Ezgü, B. A., *Investigation of the Dyeability of Post- Consumer Recycled Acrylonitrile-Butadiene- Styrene (PCR-ABS) by Using Antistatic Agent and Plasma Treatment,* Master's Thesis, Istanbul Technical University, Graduate School, Istanbul, 2023.

[15] Deshmukh, D., Kulkarni, H., Srivats, S. D., Bhanushali, S., More, P. A. Recycling of Acrylonitrile Butadiene Styrene (ABS): Review, Polymer Bulletin, April, 81, 2024.

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

[16] Olivera, S., Muralidhara, B. H., Venkatesh, K., Gopalakrishna, K., Vivek, S. C. Plating on Acrylonitrile-Butadiene-Styrene (ABS) Plastic: A Review, Journal of Materials Science, January, 51, 2016.

[17] Manish, Gurjar, D., Sharma, S., Akash, Sarkar, M. A Review on Testing Methods of Recycled Acrylonitrile Butadine-Styrene, Materials Today, 5, 2018.

[18] Ordu, M., Der, O. Yeşil Üretim İçin Çevresel Etki Temelli Termoplastik Malzeme Seçimi: Karşılaştırmalı Bir Hibrit ÇKKV Yaklaşımı, Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 39,1, 2023.

[19] Peterson, M. A., Review of Acrylonitrile Butadiene Styrene in Fused Filament Fabrication: A Plastics Engineering-Focused Perspective, Additive Manufacturing, 27, 2019.

[20] Díez-Pascual, M. A., Gascón, D., Carbon Nanotube Buckypaper Reinforced Acrylonitrile−Butadiene− Styrene Composites for Electronic Applications, Applied Materials & Interfaces, 5, 2013.

[21] Al-Saleh, H. M., Al-Saidi, A. B., Al-Zoubi, M. R. Experimental and Theoretical Analysis of The Mechanical And Thermal Properties Of Carbon Nanotube/Acrylonitrile-Styrene-Butadiene Nanocomposites, Polymer, April, 89, 2016.

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

Stream Flow Prediction for Murad River Branches

Ibrahim A. HASAN[1], Mehmet Ishak YUCE[2]

[1]*Gaziantep University, Civil Department, Türkiye* – ORCID ID 0009-0002-4932-8771.
Ibrahim.a.blbas@gmail.com

[2]*Gaziantep University, Civil Department, Türkiye* – ORCID ID 0000-0002-6267-9528.
yuce@gantep.edu.tr

ABSTRACT

Effective planning and management of water resources rely on addressing the uncertainties inherent in hydrological models. A key challenge in accurately assessing a basin's water resources is the limited availability of data for hydrologic modeling. This study employs a multiple linear regression (MLR)-based approach to predict streamflow (Q) by analyzing its relationships with temperature (T), potential evapotranspiration (PET), and precipitation (P), excluding topographical parameters of the study area. The research explores and compares the performance of four MLR models applied to four sub-basins that contribute to the Murad River Basin. The analysis utilizes recorded monthly data from meteorological stations spanning 40, 30, 29, and 33 years for Models 1, 2, 3, and 4, respectively, covering the dependent variable (Q) and independent variables (T, P, and PET). The comparison between observed and predicted streamflow (Q) demonstrates promising results, highlighting the significance of the proposed equation. The highest coefficient of determination (R^2) achieved is 21.86% for Model 3, while Model 1 shows an F-ratio exceeding 45. Additionally, the P-value is zero across all models, underscoring the statistical significance and overall effectiveness of the study. The findings of this study offer critical insights for decision-makers by presenting a data-driven methodology for streamflow prediction in data-scarce regions. By showcasing the effectiveness of MLR models, this research facilitates the development of enhanced water resource management strategies, promoting improved planning and the sustainable utilization of basin water resources.

Keywords: Prediction, Stream Flow, MLR, Murad basin, R^2.

1. INTRODUCTION

Hydrological modeling is a keystone of water resource research and planning for major river basins. These models are essential for understanding the historical and current states of water resources and for evaluating the implications of management decisions and

environmental changes, including climate change. However, a significant challenge is that many basins worldwide are ungauged or poorly gauged (Razavi et al., 2016). Ungauged basins, defined as those without streamflow observational data (Bahru et al., 2023), underscore the need for reliable regionalization models to estimate streamflow time series in such watersheds. In hydrological studies, regionalization refers to the process of transferring hydrological information from gauged to ungauged watersheds (Sivapalan et al., 2003). Numerous regionalization approaches have been proposed in the literature, with regression analysis being among the most widely used. This technique simulates the relationships between model parameters and physiographic catchment characteristics (Young, 2006; Reichl et al., 2009). Many methods also incorporate geographic considerations, assuming that adjacent or nested catchments share similar hydrological behaviors (Merz and Blöschl, 2004; Parajka et al., 2005; McIntyre et al., 2005; Oudin et al., 2008; Kjeldsen and Jones, 2007). Streamflow generation is influenced by both known factors such as precipitation, evaporation, and temperature and unknown factors, making precise predictions inherently challenging (Jun Guo et al., 2011). To address these challenges, multiple linear regression (MLR) techniques are widely employed for estimating streamflow in ungauged watersheds. Initially developed for gauged basins, MLR uses a data-driven approach to establish relationships between dependent and independent variables (Cibin et al., 2013; Waseem et al., 2015; Li and Sankarasubramanian, 2012). MLR models have found diverse applications in hydrology, such as linking drought indices to circulation indices (Li et al., 2023), simplifying large water quality datasets (Jafar, 2022), and predicting outcomes with high accuracy in river excellent assessments (Gupta et al., 2021). These findings have implications for effective water management strategies. The utility of MLR extends to ensemble modeling, where multiple climatological inputs, hydrological model parameters, or rainfall-runoff structures are combined to reduce prediction uncertainties (He et al., 2009; McIntyre et al., 2005; Velázquez et al., 2010). Notably, Arsenault and Brissette (2014) developed a regression-augmented (RA) regionalization method that integrates MLR, outperforming other techniques like parameter sampling (PS) and spatial proximity (SP). In statistical hydrology, observational climate indices are often regressed to predict hydrological variables (Mendoza et al., 2017; Robertson et al., 2013). Monthly climate data are

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

frequently transferred from gauged to ungauged catchments to support streamflow estimation (Sharad Patel et al., 2016). Studies concentrating on streamflow forecasting consistently highlight the simplicity, speed, and reliability of MLR methods (Zhang et al., 2018; Lima et al., 2015).

This research focuses on predicting streamflow for ungauged stations using climate variables average monthly (T_{avg}), (PET), and (P) without considering geographic properties. The study area includes nine ungauged basins and four gauged basins feeding the Murad River. The goal is to derive an MLR equation to establish relationships between the dependent variable, streamflow (Q), and the independent variables (T_{avg}, PET, and P) in gauged catchments ot be applied for predictoing streamflow of ungauged watersheds in the same area.

2. STUDY AREA

The Murad River Basin, located in southeast Turkey (between Latitude 38°0’0’’ to 41°0’0’’N and Longitude 39°0’0’’to 43°0’0’’E), was selected as the study area for this research. The Murad River is one of the two primary tributaries that feed the Euphrates River, as depicted in Figure 1.

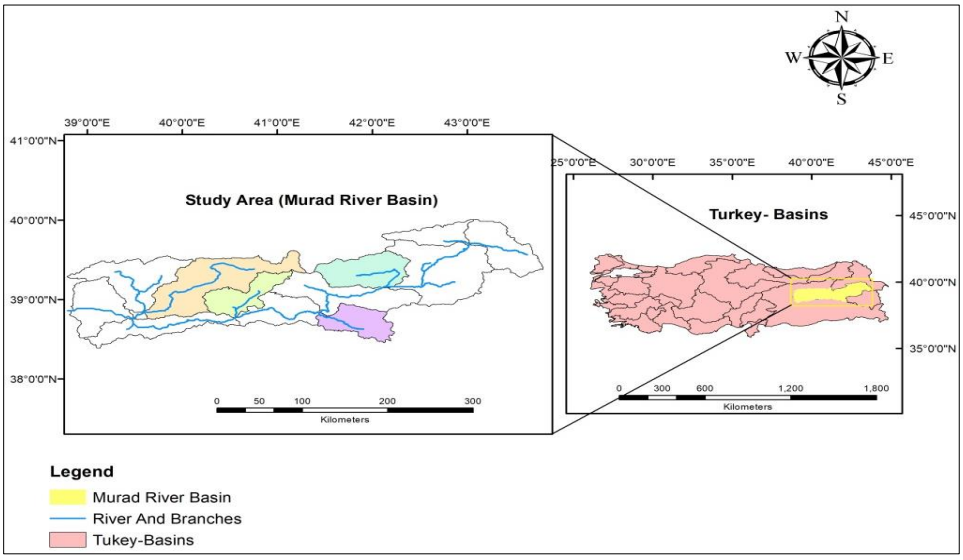


Figure 1. Murad River Basin Among Turkey Basins

A Geographic Information System (GIS)-based hydrological analysis was employed to extract geographic data and delineate the Murad River Basin into thirteen distinct sub-

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

basins. Among these, four sub-basins are gauged. Figure 2 illustrates the delineated regions and associated details, which are further summarized in Table 1.

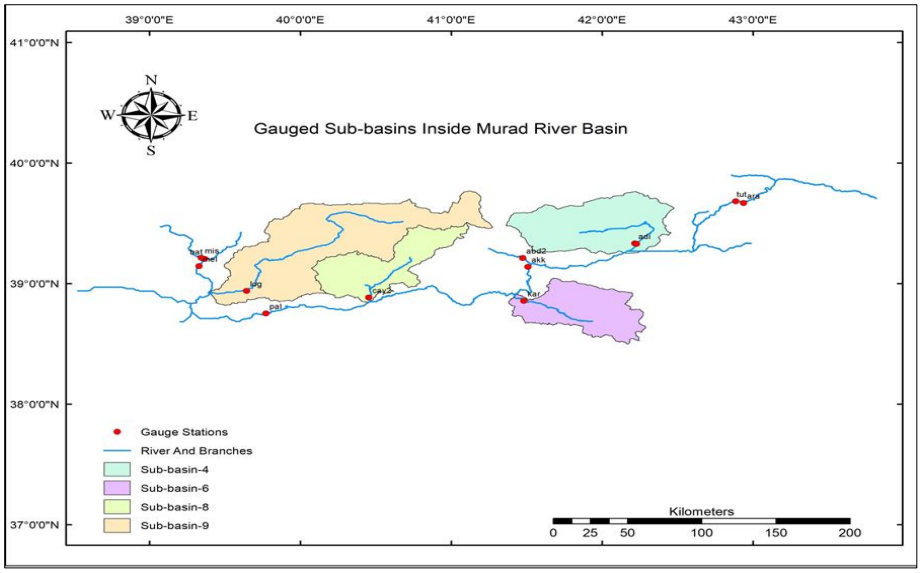


Figure 2. Study Areas Along Murd River And Their Gauge Stations

In general, the climatic conditions of the four sub-basins are comparable to those of the Murad River Basin. The region is characterized by high temperatures, summer rainfall, and an experimental Mediterranean seasonal pattern, marked by hot summers, cold winters with snowfall, and a monsoonal influence resembling the seasonal patterns of South and Southeast Asia. The majority of precipitation occurs between November and April. Previous studies have reported that the average annual precipitation in the basin ranges from 350 to 1,010 millimeters, although this varies depending on the specific location within the region (Fattah and IMi, 2015).

Table 1. Geographical Information About Study Areas

Sub-basins	*Guage ID*	*Area km²*	*Longitude*	*Latitude*
8	Göynük Ç. Çayağzi	2320	38.7648-39.3761	40.2075-41.1623
4	Hinis Ç. Adivar	3176	39.1368-39.6130	41.3880-42.4035
6	Karasu Karakopru	2259	38.4548-39.9558	41.4028-42.2336
9	Peri S. Logmar	5836	38.7487-39.6167	39.5863-41.3049

3. DATA and METHODS

Data collection methods can vary across countries, depending on the objectives of the study (Terakawa, 2003). For this research, the data employed includes a 12x12 m digital

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

elevation model (DEM) obtained from the US Geological Survey (USGS). Mean monthly temperature and precipitation data were collected for the study's four models over different time periods: Model-1 (1979–2018), Model-2 (1986–2015), Model-3 (1979–2007), and Model-4 (1979–2011). These records were gathered from eight meteorological stations located within and around the sub-basins. Table 2 provides a detailed list of the meteorological stations, including their coordinates and serial numbers. The data set is sufficiently robust to facilitate a comprehensive analysis and evaluation for this research.

Table 2. List of the Meteorological Stations around Murat Basin

No	*SN*	*Meteorological Station ID*	*Latitude*	*Longitude*
1	17203	Bingöl	38.8847	40.5007
2	17776	Solhan	38.9597	41.0503
3	18176	Kığı	39.3086	40.3458
4	17208	Bitlis	38.475	42.1625
5	17810	Ahlat	38.7487	42.475
6	17690	Horasan	40.0415	42.173
7	17740	Hınıs	39.3688	41.6957
8	17204	Muş	38.7509	41.5023

The Thiessen polygon method was utilized for spatial interpolation in ArcGIS to create polygons around each meteorological station coordinate (Figure 3), based on their proximity to other points. This approach offers a spatial representation of catchment zones (Hasan and Yuce 2024). The method operates on the principle that the meteorological station measurement represents the most accurate estimate of temperature and precipitation for the area closest to it compared to other stations (Naoum and Tsanis, 2004). By integrating the concepts of proximity with a gradual trend surface change, Thiessen polygons provide a practical spatial interpolation technique (Hartkamp et al., 1999). Meteorological data spanning at least twenty-one years were collected from eight stations located both within and outside the research area. These stations were geospatially positioned on a digital elevation model, and a Thiessen polygon network was generated around them (Figure 3). Employing a fine grid enabled an accurate delineation of the polygons (Kwadijk et al., 1999), helping to determine their relative distances and influence on the nearest sub-basins. Spatial interpolation techniques, such as the Thiessen polygon

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

method, have been widely applied to estimate meteorological data in areas where direct measurements are unavailable (Chai et al., 2011).

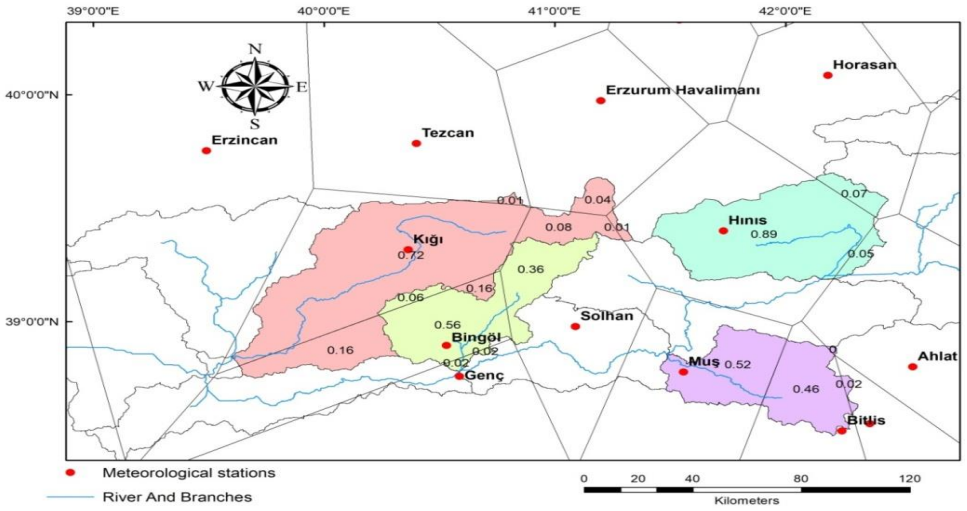


Figure 3. Thiessen Polygon Method by ArcMap. Interpolation using Thiessen polygons and inverse effective weight averaging to predict precipitation and temperature.

Furthermore, weighted temperature and precipitation values were calculated based on the ratio of the affected area to the total area of the sub-basins. These calculations assess the influence of specific meteorological stations on the temperature and precipitation within each sub-basin, as illustrated in Table 3. The resulting data is then integrated to estimate the overall variations in temperature and precipitation across the entire sub-basin.

Table 3. Effective Weight of Meteorological Stations on The Sub-Basins

Models	*Sub-basins*	*Area*	*Eff. Weight*	*Met. Stations*
Model 1	Sub-Basin 8	2320	0.36	SOLHAN
			0.08	KIĞI
			0.56	BİNGÖL
Model 2	Sub-Basin 4	3176	0.88	HINIS
			0.07	HORASAN
			0.05	AHLAT
Model 3	Sub-Basin 6	2259	0.53	MUŞ
			0.47	BITLIS
Model 4	Sub-Basin 9	5836	0.1	SOLHAN
			0.73	KIĞI
			0.17	BİNGÖL

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

The Thornthwaite equation was employed to calculate potential evapotranspiration (PET) based on temperature and latitude (Anggraini & Slamet, 2021). This equation, widely used for estimating monthly PET, was applied in this study. Recorded temperature data served as the basis for determining the monthly potential evapotranspiration timeframes (Azman et al., 2022).

3.1. Multiple- Linear Regression (MLR)

Multiple Linear Regression (MLR) is a statistical analysis method widely employed to study the relationships between hydrological parameters (Waseem et al., 2015). In this study, discharge data is used as the dependent variable, while the independent variables include temperature, precipitation, and potential evapotranspiration. Simple Linear Regression (SLR) establishes the relationship between a response (dependent) variable and an explanatory (independent) hydrological variable by minimizing the squared residuals. MLR expands upon SLR by incorporating two or more independent variables, enabling a more comprehensive analysis. The general form of the MLR model can be expressed as:

$$Y = C + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_3 X_3 + \cdots + \beta_e X_e \ldots\ldots\ldots\ldots (1)$$

Where: Y = Dependent variable; C = Constant; β_1, β_2, β_3 β_e = Slope coefficient, X_1, X_2, X_3, X_e = independent variable, e= Number of independent variables.

Statgraphics version 19 was employed to derive the MLR equations, aiming to identify the optimal relationship between Q and other climatic variables. In this analysis, Q serves as the dependent variable, while P, Tavg, and PET are considered independent variables. The MLR equations were developed for four distinct locations using respective datasets. The structure of these equations is presented in Table 4.

Table 4. Multiple Linear Regression Equations and Limitation Factors

Models	*Multiple Linear Regression Equation*	*P-value*	*F-test*	*R^2-adj*
1	$Q = 2.3530 + 4.159T_{avg} - 0.667473PET + 0.322P$	p=0.00	45.14	0.2169
2	$Q = 14.176 + 1.998\ T_{avg} - 0.3429PET + 0.383P$	p=0.00	30.57	0.1981
3	$Q = 3.976\ 0+ 2.799T_{avg} - 0.463PET + 0.237P$	p=0.00	33.37	0.2186
4	$Q = -16.545+ 4.842T_{avg} - 0.2761PET + 0.787P$	p=0.00	29.66	0.1787

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

The MLR model can be applied to predict and analyze relationships between dependent and independent variables (Jafar, 2023). It has been employed to quantify the relationship monthly D (the response variable) and the particular major circulation indicators (the predictor variable) (Srisomkiew et al., 2021).

3.2. Analysis of the Variables

Statgraphics was applied to develop a regression model relating the dependent variable (Q) to the independent variables (Tavg, P, and PET) using data from the entire study period for each model: Model 1 (1979–2018), Model 2 (1986–2015), Model 3 (1979–2007), and Model 4 (1979–2011). The analysis involved evaluating each independent variable to determine their Standard Error, T-statistics, P-values, and other associated limitations (see Table 5). These parameters were utilized to assess the statistical significance and influence of each independent variable on the regression equation, thereby determining their overall effect on streamflow prediction.

Table 5. Analysis of the Independent Variables

Models	*Parameter*	*Number of observations*	*Estimate*	*Standard Error*	*T-Statistic*	*P-Value*
1	Constant	479	2.35371	5.54213	0.424694	0.6713
	Temperature		4.15915	0.645764	6.44066	0
	PET		-0.66747	0.118635	-5.62626	0
	Precipitation		0.322097	0.0420513	7.65964	0
2	Constant	360	14.1768	4.55873	3.10981	0.002
	Temperature		1.99826	0.497704	4.01496	0.0001
	PET		-0.34298	0.113545	-3.02064	0.0027
	Precipitation		0.383187	0.0518597	7.38892	0
3	Constant	348	3.97619	5.35442	0.742599	0.4582
	Temperature		2.79989	0.543	5.15633	0
	PET		-0.46364	0.111213	-4.16893	0
	Precipitation		0.237735	0.0356123	6.67566	0
4	Constant	396	-16.5451	12.4679	-1.32702	0.1853
	Temperature		4.84293	1.68581	2.87277	0.0043
	PET		-0.27615	0.319658	-0.86389	0.3882
	Precipitation		0.787864	0.0915606	8.60483	0

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

3.3. Relation Between Variables

The independent variables, including temperature (T), precipitation (P), and potential evapotranspiration (PET), influence the regression equation based on their respective relationships with the dependent variable (Q). Temperature exhibits a strong positive relationship with Q, while precipitation also positively impacts the equation. Conversely, potential evapotranspiration demonstrates a negative influence on the equation, as illustrated in Figure 4.

Figure 4 shows the consequence of three independent variables T_{avg}, PET, and P on Q in MLR equations for four models (Model-1 to Model-4). For Model-1, a positive linear trend is observed between T_{avg} and discharge, suggesting that higher temperatures are associated with increased discharge, although the moderate scatter indicates variability in the relationship. PET displays a negative correlation, indicating that increased evapotranspiration reduces discharge, while P shows a strong positive relationship, with higher precipitation values leading to increased discharge and a stronger correlation compared to temperature and PET. Model-2 similarly reveals a positive trend between T_avg and discharge, with slightly stronger correlation compared to Model-1. However, PET demonstrates only a weak negative trend, and the scatter suggests limited effect on discharge. P retains its positive relationship with discharge but shows moderate correlation with some outliers. In Model-3, the positive relationship between T_{avg} and discharge is consistent, with moderate scatter around the trend line. PET's negative correlation is more pronounced than in Model-2, indicating a stronger inverse effect on discharge despite high scatter. P has the most significant influence, with a positive correlation and reduced scatter compared to other variables. Model-4 follows a similar pattern, with a clear positive trend between T_{avg} and discharge but broader variability. The negative correlation with PET persists but is less strong than in Model-3, while P exhibits a robust positive relationship with a wider range of discharge values, underscoring its dominant influence.

In general, T_{avg} consistently shows a positive relationship with discharge, prospective reflecting indirect effects such as snowmelt or seasonal dynamics. PET negatively influences discharge by increasing water loss, with variable impact across models. P

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

emerges as the principal driver of discharge variations, with its strong positive correlation apparent in all models, particularly Model-4. These findings emphasize the dominant role of P in determining discharge and highlight the varying influence of temperature and PET based on model characteristics.

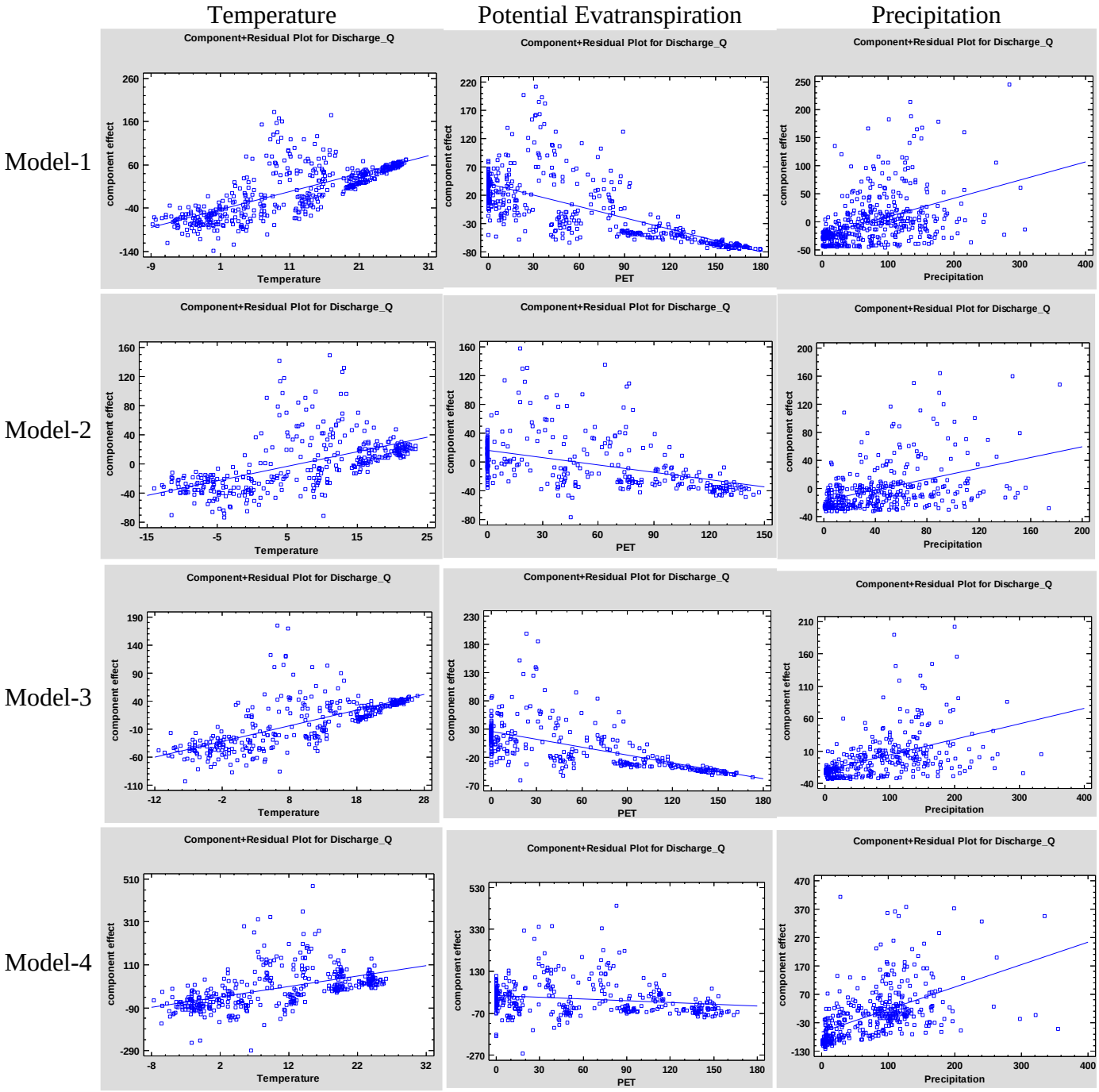


Figure 4. The effect of independent variables (Tavg, PET, P) on the Q in MLR equation

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

4. RESULT AND DISCUSSION

Similar models correlating average (T_{avg}), (PET), and (P), and runoff have been developed and illustrated using various graphs (Figure 5). To compare these models, performance indicators such as the F-ratio, P-value, correlation coefficient (R), standard error (SE), mean absolute error (MAE), and Durbin-Watson statistics were evaluated and are presented in Table 6. Among these indicators, the F-ratio, P-value, and correlation coefficient (R) are considered the most reliable for selecting the best-fit equation.

Table 6. Performance of the MLR Models

Models	*Source*	*Sum of Squares*	*Df*	*Mean Square*	*F-Ratio*	*P-Value*	*R^2-adj*	*MAE*	*SE*	*Durbin-Watson Static.*
1	Model	226019	3	75340	45.14	0	0.2169	27.067	40.85	1.06
	Residual	792702	475	1668.9						
	T. Corr.	1.02E+06	478							
2	Model	90187.5	3	30063	30.57	0	0.1981	21.398	31.358	0.995
	Residual	350069	356	983.34						
	T. Corr.	440257	359							
3	Model	99170.1	3	33057	33.37	0	0.2186	19.735	31.47	1.06
	Residual	340721	344	990.47						
	T. Corr.	439891	347							
4	Model	562701	3	187567	29.66	0	0.1787	55.2	79.52	0.851
	Residual	2.48E+06	392	6324.1						
	T. Corr.	3.04E+06	395							

All models are statistically significant based on their P-values, with significance determined at the $p<0.05$ level and high significance at the $p<0.01$ level. Considering these thresholds, all models are deemed highly significant. Furthermore, the F-ratio values recorded high levels, particularly for Model-1 and Model-3. Based on the performance metrics and evaluation results, Model-1 was selected as the best fit for this study (Table 6). Table 6 also appraises the performance of four MLR models using metrics such as adjusted R^2, MAE, SE, and the Durbin-Watson statistic. Model 3 performs best, explaining 21.86% of variability (highest R^2) with the lowest MAE (19.735) and SE (31.47), and minimal autocorrelation (1.06). Model 4 is the weakest, with the lowest R^2 (17.87%) and highest errors (MAE 55.2, SE 79.52). All models are statistically significant, but improvements are needed to enhance accuracy and reduce residual autocorrelation. Howevere, Model 1

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

exhibits the highest F-ratio (45.14) among all models and a relatively high R^2 value of 21.69%, suggesting it outperforms the other models in explaining discharge variability.

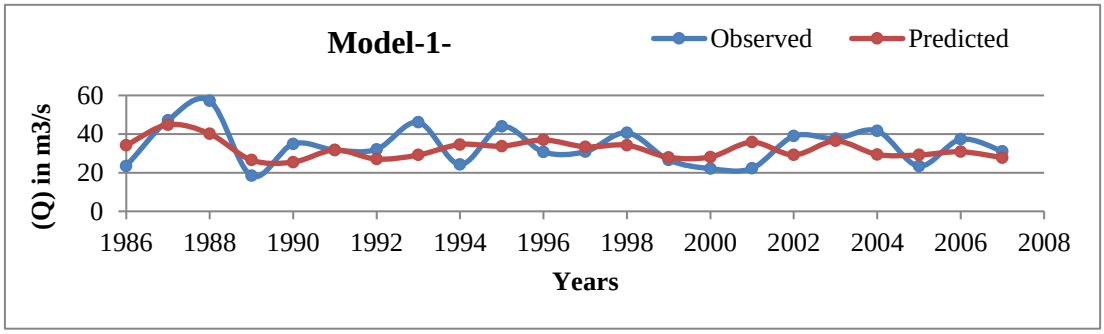
4.1. Evaluation of the Models

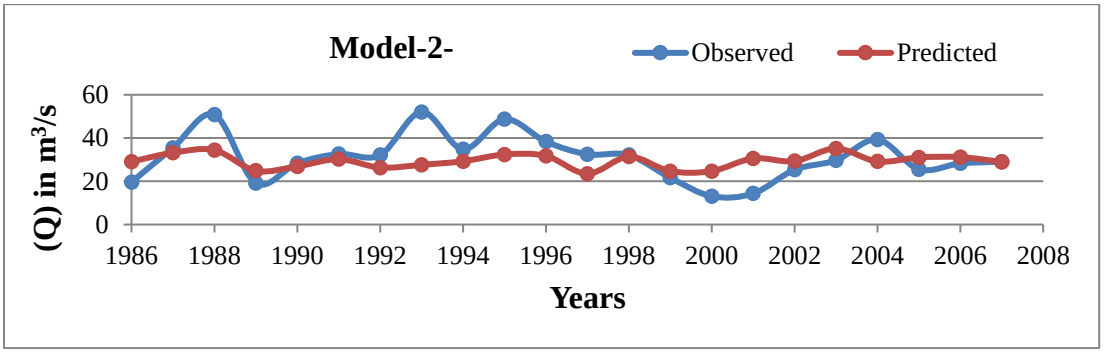
Multiple Linear Regression (MLR) equations were developed to predict streamflow using monthly data, with average (Tavg), (P), and (PET) as independent variables, and streamflow (Q) as the dependent variable. The models were applied to four sub-basins: Model-1, which covers 40 years of data for Sub-basin 8 with the Göynük Ç. Çayağı gauge; Model-2, which spans 30 years for Sub-basin 4 with the Hinis Ç. Adivar gauge; Model-3, covering 29 years for Sub-basin 6 with the Karasu Karakopru gauge; and Model-4, which includes 33 years of data for Sub-basin 9 with the Peri S. Logmar gauge. The predicted streamflow values from these models were compared with observed data recorded at the respective gauge stations. As shown in Figure 5, the predicted streamflow values closely align with the observed values, with any variations generally falling within the mid-range of the observed streamflow data.

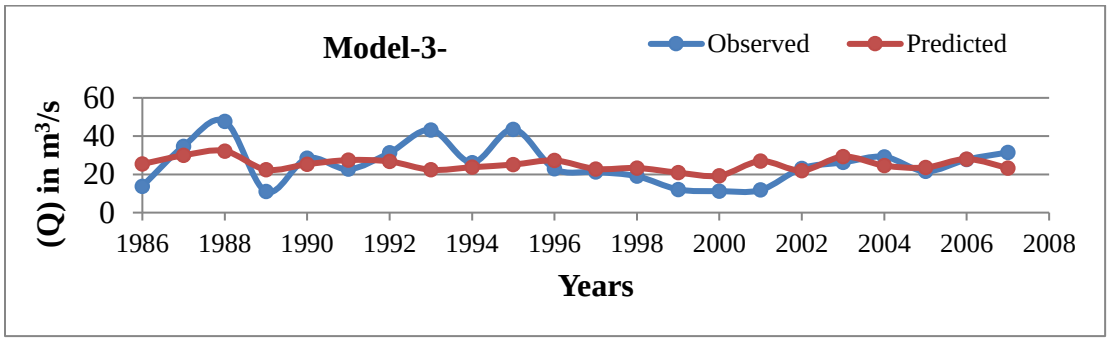
The comparison of observed and predicted discharge values for four models (Model-1, Model-2, Model-3, and Model-4) from 1986 to 2007 highlights their strengths and limitations in capturing discharge patterns (Figure 5). Model-1 demonstrates high variability in observed discharge, with peaks in the late 1980s and mid-1990s, while predicted values follow the general trend but appear smoother, often underestimating peaks and overestimating low flows. Model-2 captures the overall declining trend in observed discharge, which exhibits moderate variability and peaks between 1988 and 1994; however, the predictions lag in responding to extremes and smooth out fluctuations. Model-3 shows similar variability, with pronounced peaks and drops before 1995, after which discharge stabilizes. Predictions for this model align better post-1995 but miss earlier sharp fluctuations. Model-4 operates on a larger discharge range, with observed values peaking around 160 m^3/s and showing significant variability in the late 1980s and early 1990s, followed by a declining trend and reduced variability post-1995. While the predicted values follow the general trend, they underestimate peaks and overestimate low-flow periods. Generally, all models capture general trends but differ in their ability to replicate extreme events, with Model-4 reflecting a distinct hydrological regime. The

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

smoothing effect in predictions suggests the models prioritize minimizing overall error at the expense of accuracy during extreme events. Enhancing these models by incorporating additional parameters, such as precipitation, temperature, or land use changes, and employing advanced techniques like ensemble modeling or machine learning calibration could improve predictive accuracy, while performance metrics such RMSE and MSE would provide a quantitative assessment of their effectiveness.







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

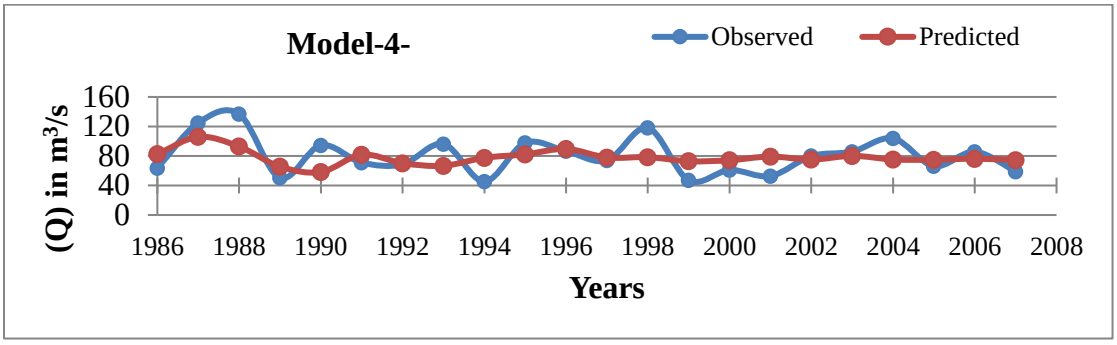


Figure 5. predicted and observed Discharge from 1986 to 2007

The predicted Q from the figure 5 is significantly located in between the observed Q in all models, while model-1- is considered to be the best fit according to the limitations. After driving the best-fit equation for predicting the stream flow through model-1, the equation was applied to the ungauged sub-basins according to their area (Table 7) which is show the difference between area of each sub-basin with based model sub-basin 8 adjusted Area-factor were multiplied by monthly predicted value of stream flow for each sub-basins, while for gauged sub-basins no need to area-factor because they have gauge already no need to prediction.

Table 7. Adjusted Factor for the Discharge According to their Area

No	Sub-Basins	Area in km^2	Area Sub-basin8 in km^3	Area-factor
1	Sub-Basin 1	2957	2320	1.275
2	Sub-Basin 2	1601	2320	0.690
3	Sub-Basin 3	5989	2320	2.581
4	Sub-Basin 4	3176	2320	Available
5	Sub-Basin 5	4047	2320	1.744
6	Sub-Basin 6	2259	2320	Available
7	Sub-Basin 7	2437	2320	1.050
8	Sub-Basin 8	2320	2320	Available
9	Sub-Basin 9	5836	2320	Available
10	Sub-Basin 10	2839	2320	1.224

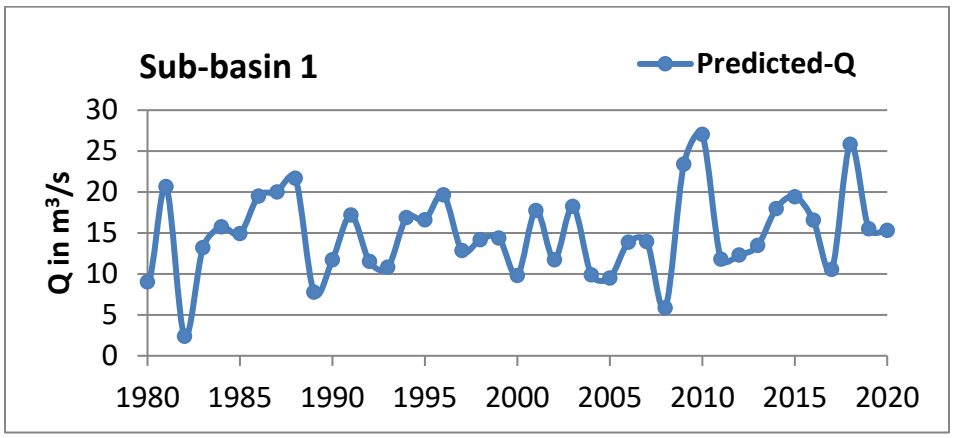
ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

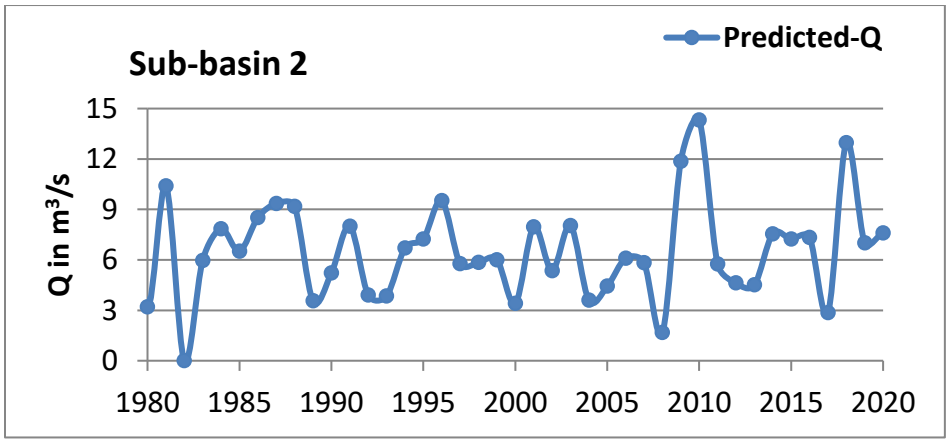
11	Sub-Basin 11	4039	2320	1.741
12	Sub-Basin 12	137	2320	0.059
13	Sub-Basin 13	3058	2320	1.318

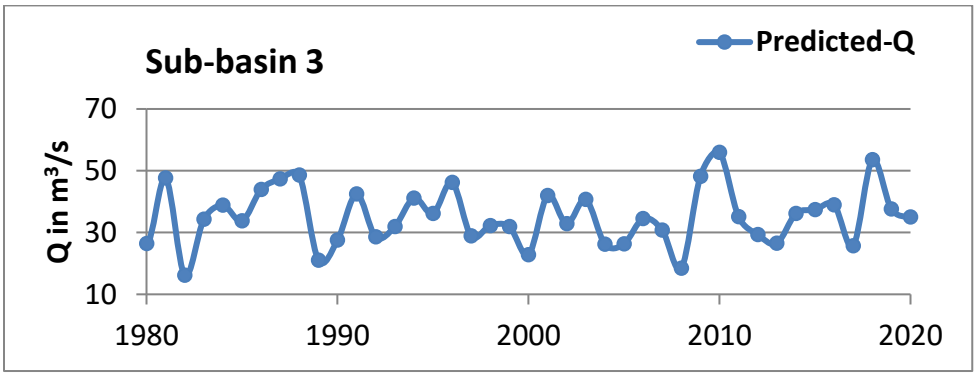
The figure 6 presents the predicted discharge (Q) in cubic meters per second (m^3/s) for 13 sub-basins over the period from 1980 to 2020, highlighting significant temporal fluctuations. In Sub-basin 1, discharge ranges from 0 to 27 m^3/s, with distinct peaks around 2010 and 2016, suggesting irregular high-flow events that may be associated with extreme weather conditions or hydrological anomalies. Sub-basin 2 exhibits a similar trend, with discharge varying between 0 and 15 m^3/s, and notable peaks occurring in the early 2010s and towards the end of the period, indicating episodes of elevated flow, potentially linked to sudden rainfall events or snowmelt. Sub-basin 3 maintains relatively stable flow, fluctuating between 0 and 55 m^3/s, though occasional increases in flow after 2010 may reflect changes in land use or evolving hydrological conditions. In Sub-basin 5, discharge fluctuates between 10 and 50 m^3/s, with pronounced peaks in the late 1990s, early 2000s, and around 2010, suggesting significant hydrological events during these periods. Sub-basin 7 displays seasonal variability, with discharge oscillating between 15 and 35 m^3/s and notable spikes in the 1990s and again in 2010, likely reflecting climatic shifts such as alterations in rainfall patterns or temperature. Sub-basin 10 shows considerable fluctuations between 25 and 55 m^3/s, with significant peaks in 1986 and 2016, potentially indicating major hydrological changes resulting from drought conditions or extreme rainfall events. In Sub-basin 11, discharge remains steady between 15 and 30 m^3/s, with minor fluctuations and a slight increase in flow during the 2016s, suggesting relatively stable conditions with occasional disturbances. Discharge in Sub-basin 12 ranges from 1 to 2.5 m^3/s, with intermittent stability disrupted by sudden surges, particularly after 2015, possibly reflecting changes in upstream water management practices or alterations in hydrological cycles. Lastly, Sub-basin 13 exhibits discharge between 15 and 35 m^3/s, with notable peaks in the early 2000s and around 2015, displaying similar fluctuations to Sub-basin 12, likely indicative of regional hydrological processes, including precipitation variability. Overall, the predicted discharge data for all sub-basins demonstrate

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

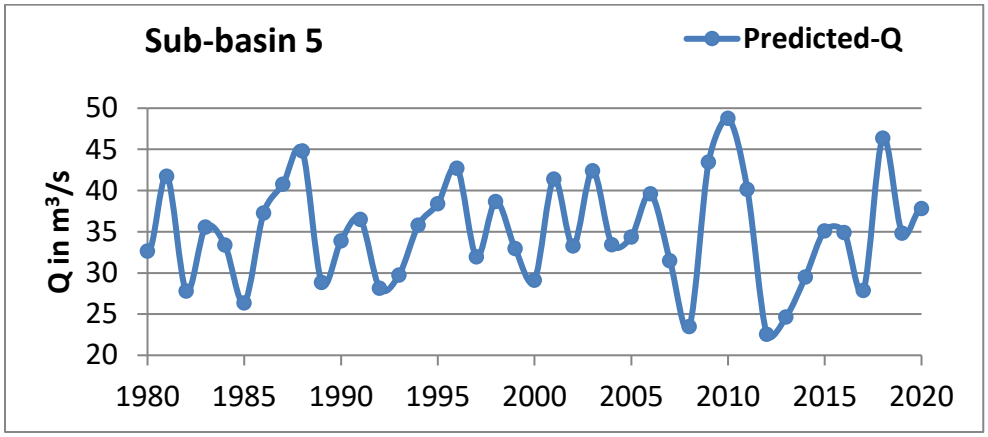
considerable temporal variability, with intermittent high-flow events that may be influenced by a combination of climatic factors, hydrological processes, and water management practices. While some sub-basins show relative stability, others experience more pronounced fluctuations, suggesting diverse watershed characteristics, such as land use, topography, and hydrological conditions, all contributing to the observed trends.

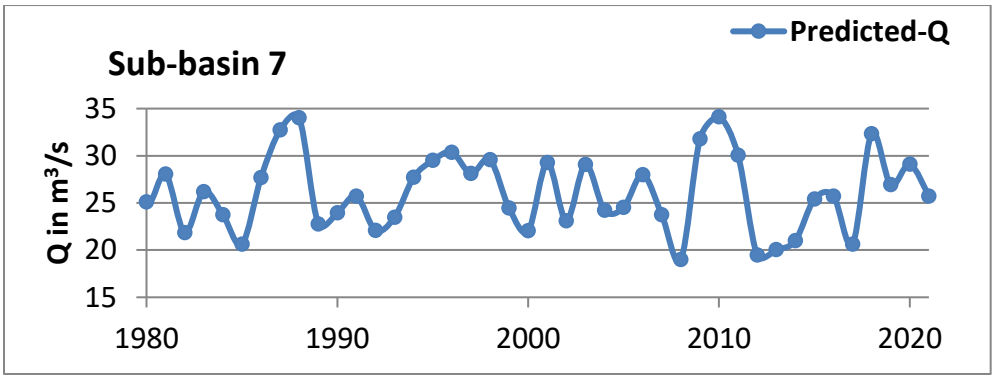


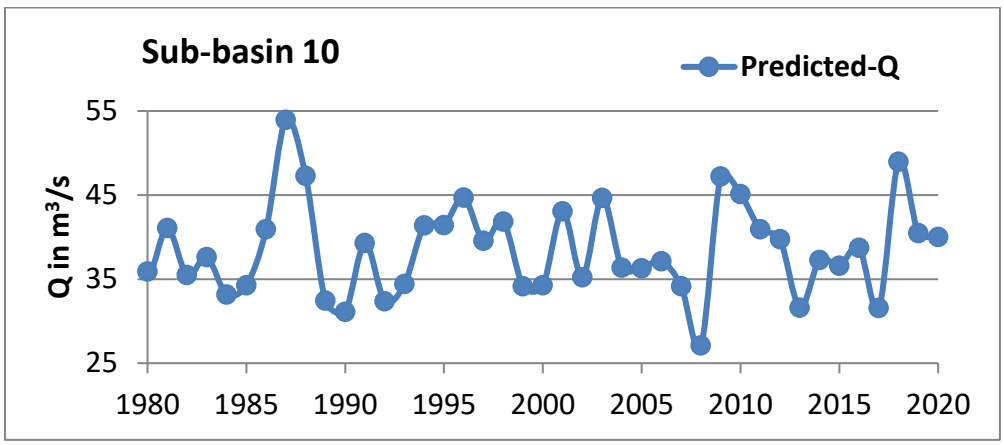




ISBN NR. : 978-625-5962-10-2







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

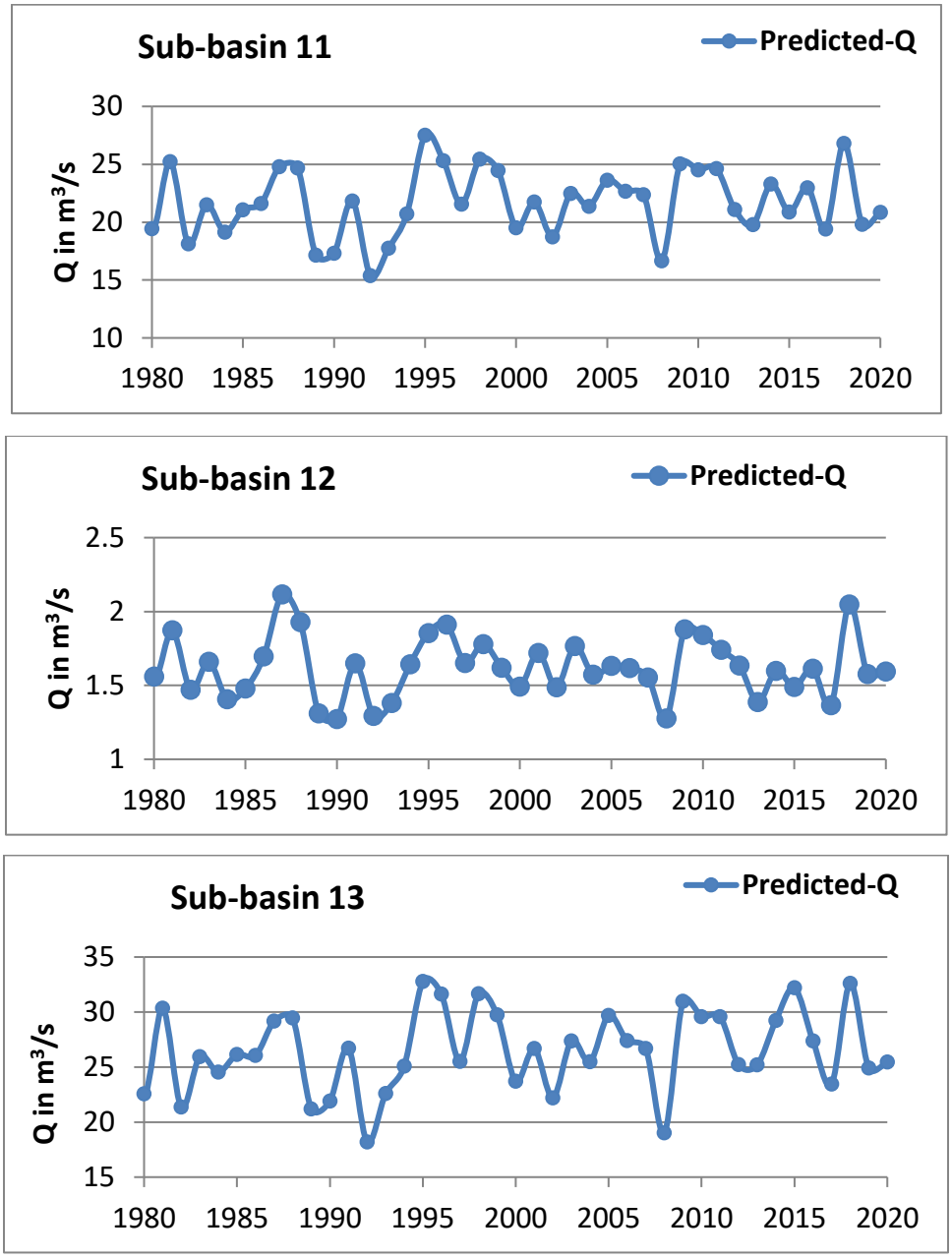


Figure 6. Predicted Stream Flow for ungauged Sub-basins using MLR model 1. Depending on the available Sub-basin's monthly climate variables

5. CONCLUSION

A statistical analysis-based MLR was developed to predict streamflow in the Murad River basin without considering topographic parameters. This analysis utilized monthly data for Q, P, and T_avg over different time periods: 40 years for Model-1, 30 years for Model-2, 29 years for Model-3, and 33 years for Model-4. The different independent variables were

used as input to establish mathematical relationships for streamflow prediction, resulting in four distinct MLR equations. The MLR models demonstrated high performance with the available data, generating four different scenarios based on variations in the datasets. Model-1, developed for Sub-basin 1, which has an area of approximately 2,320 km², was identified as the best-fit equation. This sub-basin's gauge station, Göynük Ç. Çayağzi, provided the data for the model. Model-1 exhibited an R^2 value of 21.69%, a mean absolute error (MAE) of 0.27, an F-ratio of 45.14, and a P-value of 0, indicating a highly significant equation. Among the remaining models, Model-3 was the second-best option, followed by Model-2 and Model-4. The Murad River basin is divided into 13 sub-basins, most of which lack gauge stations. This study provides a reliable approach for streamflow prediction, especially using Model-1, given the availability of temperature and precipitation data from meteorological stations in the region. This study highlights MLR models as effective tools for streamflow prediction, aiding decision-makers in developing sustainable water resource management strategies for data-scarce regions.

REFERENCES

Anggraini, N., & Slamet, B. (2021). Thornthwaite Models for Estimating Potential Evapotranspiration in Medan 592 City. Paper presented at the IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. Doi 10.1088/1755-1315/912/1/012095, published: 2021.

Arsenault, R., & Brissette, F. P. (2014). Continuous streamflow prediction in ungauged basins: The effects of equifinality and parameter set selection on uncertainty in regionalization approaches. *Water Resources Research*, *50*(7), 6135-6153. https://doi.org/10.1002/2013WR014898, published: 08 July 2014.

Azman, R., Noor, N., Abdullah, S., & Ideris, M. (2022). Analysis of Drought Index in Sub-Urban Area Using 594 Standard Precipitation Evapotranspiration Index (SPEI). International Journal of Integrated Engineering, 14(9), 595 157-163.

Chai, H. , Cheng, W. , Zhou, C. , Chen, X. , Ma, X. and Zhao, S. (2011) Analysis and comparison of spatial interpolation methods for temperature data in Xinjiang Uygur Autonomous Region, China. *Natural Science*, **3**, 999-1010. doi: 10.4236/ns.2011.312125.

Cibin, R., Athira, P., Sudheer, K. P., & Chaubey, I. (2013). Application of distributed hydrological models for predictions in ungauged basins: a method to quantify predictive

uncertainty. Hydrological Processes, 28(4), 2033-2045. https://doi.org/10.1002/hyp.9721, published: 18 January 2013.

Coulibaly, P., Haché, M., Fortin, V., & Bobée, B. (2005). Improving daily reservoir inflow forecasts with model combination. *Journal of Hydrologic Engineering*, *10*(2), 91-99. https://doi.org/10.1061/(ASCE)1084-0699(2005)10:2(91), March 2005.

Gebeyehu, B. M., Tegegne, G., & Melesse, A. M. (2023). Reliability-weighted approach for streamflow prediction at ungauged catchments. *Journal of Hydrology*, *624*, 129935. https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2023.129935, Published September 2023

Guo, J., Zhou, J., Qin, H., Zou, Q., & Li, Q. (2011). Monthly streamflow forecasting based on improved support vector machine model. *Expert Systems with Applications*, *38*(10), 13073-13081. https://doi.org/10.1016/j.eswa.2011.04.114, published: 15 September 2011.

Gupta, S., & Gupta, S. K. (2021). Evaluation of River Health Status Based on Water Quality Index and Multiple Linear Regression Analysis. In *International conference Sustainable Environmental Engineering and Science* (pp. 77-85). Singapore: Springer Nature Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981-99-0823-3_8, Published: 26 April 2023.

Hartkamp, A. Dewi, Kirsten De Beurs, Alfred Stein, and Jeffrey W. White. *Interpolation techniques for climate variables*. Wageningen Agricultural University, Cimmyt, 1999.

Hasan, I. A., & Yuce, M. I. (2024). Prediction of Potential Evapotranspiration via Machine Learning and Deep Learning for Sustainable Water Management in the Murat River Basin. *Sustainability*, *16*(24), 11077. https://doi.org/10.3390/su162411077, Published: 17 December 2024.

He, Y., et al., 2009, Tracking the uncertainty in flood alerts driven by grand ensemble weather predictions. *Meteorological Applications*, 16 (1), 91–101. https://doi.org/10.1002/met.132, published: 19 February 2009.

JAFAR, R. (2022). Assessment of surface water quality by using multivariate statistical techniques. *Tishreen University Journal-Engineering Sciences Series,*, *44*(4), 11-31.

Jafar, R., Awad, A., Hatem, I., Jafar, K., Awad, E., & Shahrour, I. (2023). Multiple linear regression and machine learning for predicting the drinking water quality index in Al-Seine lake. *Smart Cities*, *6*(5), 2807-2827. https://doi.org/10.3390/smartcities6050126, Published: 12 October 2023.

Kjeldsen, T. R., & Jones, D. A. (2007). Recursive estimation of a hydrological regression model. In World Environmental and Water Resources Congress 2007: Restoring Our Natural Habitat (pp. 1-10). https://doi.org/10.1061/40927(243)408, published, May 2007.

Kjeldsen, T. R., & Jones, D. A. (2009). An exploratory analysis of error components in hydrological regression modeling. Water resources research, 45(2). https://doi.org/10.1029/2007WR006283, published: 06 February 2009.

Kwadijk, J., & van Deursen, W. *Development and testing of a GIS-based water balance model for the Rhine drainage basin*. CHR/KHR. Report no. II-15 de la CHR. January 1999.

Li, W., & Sankarasubramanian, A. (2012). Reducing hydrologic model uncertainty in monthly streamflow predictions using multimodel combination. *Water Resources Research*, *48*(12). https://doi.org/10.1029/2011WR011380, published: 15 December 2012.

Li, Y., Wei, K., Chen, K., He, J., Zhao, Y., Yang, G., ... & Yang, Z. (2023). Forecasting monthly water deficit based on multi-variable linear regression and random forest models. *Water*, *15*(6), 1075. https://doi.org/10.3390/w15061075, Published: 10 March 2023.

Lima, A. R., Cannon, A. J., & Hsieh, W. W. (2015). Nonlinear regression in environmental sciences using extreme learning machines: a comparative evaluation. *Environmental Modelling & Software*, *73*, 175-188. https://doi.org/10.1016/ j.envsoft.2015.08.002, published: November 2015.

McIntyre, N., et al., 2005, Ensemble predictions of runoff in ungauged catchments. *Water Resources Research*, 41 (12), W12434. https://doi.org/10.1029/2005WR004289, published: 29 December 2005.

Mendoza, P. A., Wood, A. W., Clark, E., Rothwell, E., Clark, M. P., Nijssen, B., ... & Arnold, J. R. (2017). An intercomparison of approaches for improving operational seasonal streamflow forecasts. *Hydrology and Earth System Sciences*, *21*(7), 3915-3935. https://doi.org/10.5194/hess-21-3915-2017. Published, 31 Jul 2017.

Merz, R., & Blöschl, G. (2004). Regionalisation of catchment model parameters. *Journal of hydrology*, *287*(1-4), 95-123. https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2003.09.028, published: 25 February 2004.

Naoum, S., & Tsanis, I. (2004). Ranking spatial interpolation techniques using a GIS-based DSS. Global Nest, 6(1), 1-20. https://doi.org/10.30955/gnj.000224, published: 2004.

Razavi, T., & Coulibaly, P. (2016). Improving streamflow estimation in ungauged basins using a multi-modeling approach. *Hydrological Sciences Journal*, *61*(15), 2668-2679. https://doi.org/10.1080/02626667.2016.1154558, Published: 02 Aug 2016

Reichl, J. P. C., Western, A. W., McIntyre, N. R., & Chiew, F. H. S. (2009). Optimization of a similarity measure for estimating ungauged streamflow. Water Resources Research, 45(10). https://doi.org/10.1029/2008WR007248, published: 17 October 2009.

Robertson, D. E., Pokhrel, P., & Wang, Q. J. (2013). Improving statistical forecasts of seasonal streamflows using hydrological model output. *Hydrology and Earth System Sciences*, *17*(2), 579-593. https://doi.org/10.5194/hess-17-579-2013, published: 08 Feb 2013.

Seibert, J. and Beven, K.J., 2009, Gauging the ungauged basin: how many discharge measurements are needed? *Hydrology and Earth System Sciences*, 13 (6), 883–892. https://doi.org/10.5194/hess-13-883-2009. Published: 22 Jun 2009

Sivapalan, M. (2003). Prediction in ungauged basins: a grand challenge for theoretical hydrology. https://doi.org/10.1002/hyp.5155, published: 07 October 2003.

Srisomkiew, S., Kawahigashi, M., & Limtong, P. (2021). Digital mapping of soil chemical properties with limited data in the Thung Kula Ronghai region, Thailand. *Geoderma*, *389*, 114942. https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2021.114942, published: 1 May 2021.

Terakawa, A. *Hydrological data management: Present state and trends*. Secretariat of the World Meteorological Organization, 2003.

Velazquez, J. A., Anctil, F., Ramos, M. H., & Perrin, C. (2011). Can a multi-model approach improve hydrological ensemble forecasting? A study on 29 French catchments using 16 hydrological model structures. Advances in Geosciences, 29, 33-42. https://doi.org/10.5194/adgeo-29-33-2011, published, 28 Feb 2011.

Waseem, M., Ajmal, M., & Kim, T. W. (2015). Ensemble hydrological prediction of streamflow percentile at ungauged basins in Pakistan. *Journal of Hydrology*, *525*, 130-137. https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2015.03.042, published: June 2015.

Young, A. R. (2006). Stream flow simulation within UK ungauged catchments using a daily rainfall-runoff model. *Journal of Hydrology*, *320*(1-2), 155-172. https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2005.07.017, 30 March 2006.

Zhang, Y., Chiew, F. H., Li, M., & Post, D. (2018). Predicting runoff signatures using regression and hydrological modeling approaches. *Water Resources Research*, *54*(10), 7859-7878. https://doi.org/10.1029/2018WR023325, published: 01 October 2018.

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

BAZALT GEOGRİDLE DONATILANDIRILMIŞ KİL ZEMİNLERİN KALİFORNİYA TAŞIMA DENEYİ (CBR) SONUÇLARININ İRDELENMESİ

İnşaat Müh. Yusuf DEMİR
Sakarya Büyükşehir Belediyesi Su ve Kanalizasyon İdaresi Genel Müdürlüğü (SASKİ)
yusufdemir2011@gmail.com - ORCID ID: 0009-0006-2935-1041
Prof. Dr., İnşaat Y. Müh. Sedat SERT
Sakarya Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü
sert@sakarya.edu.tr - ORCID ID: 0000-0002-4114-6132
Arş. Grv., İnşaat Y. Müh. Eylem ARSLAN
Sakarya Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü
eylemarslan@sakarya.edu.tr - ORCID ID: 0000-0002-9053-1061

ABSTRACT

Soft clay soils are one of the soil types that are frequently encountered with geotechnical problems such as bearing capacity failure and excessive settlements. There are many methods in the literature for soil improvement. One of these methods is geosynthetics. Geosynthetics perform the functions of separating soil layers, strengthening, filtration, drainage, protection, and erosion control. This paper presents the use of basalt geogrid in reinforcing clay soil and the analysis of the California Transport Test results. Basalt geogrid was preferred in the study because it is an environmentally friendly product obtained from natural rock. In the experiments, sandy low plasticity clay (CL) containing 69% fine was used, the optimum water content was found to be 17%, and the maximum dry unit weight was 16.65 kN/m^3. Dry and wet CBR tests were carried out on reinforced soil by placing basalt geogrid in 1 and 2 rows. Dry and wet CBR values were obtained as 7.24% and 6.44% for the natural soil, 15.19% and 4.27% when a single row of basalt geogrid is used, and 16.71% and 5.60% when a double row of basalt geogrid is used. In the wet CBR test, swelling amounts were found to be close to each other, around 1.80 mm. It has been determined that in dry conditions, reinforcing with basalt geogrid increases the CBR resistance by 110% in single-use and 130% in double-use. However, when we look at the wet CBR values, it is seen that the decreases are around 11% in the case of non-geogrid, 72% in the case of single geogrid, and 67% in double use. In the wet case, a decrease of 34% in single-use and 13% in double-use compared to the situation without geogrid was determined. In this case, it would not be wrong to say that the strengthening effect of basalt geogrid cannot be seen in the presence of water. After the tests, it was concluded that basalt geogrid can be used as an alternative to different geogrid types, but caution should be taken in cases where the water level is likely to rise.

Key Words: Clay Soil, Soil Reinforcing, Basalt Geogrid, Californiya Bearing Ratio Test.

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

ÖZET

Yumuşak kil zeminler taşıma gücü aşılması ve oturmaların fazlalığı gibi geoteknik problemlerle sıklıkla karşılaşılan zemin türlerinin başında gelmektedirler. Zemin iyileştirmesine yönelik literatürde çok sayıda yöntem bulunmaktadır. Bu yöntemlerden birisi geosentetiklerin kullanımıdır. Geosentetikler, zemin tabakalarını ayırma, güçlendirme, filtrasyon, drenaj, koruma ve erozyon kontrolü işlevlerini yerine getirmektedirler. Bu bildiride bazalt geogridin kil zeminin güçlendirilmesinde kullanımı ve sağlanan değişimin Kaliforniya Taşıma Deneyi sonuçlarıyla irdelenmesi aktarılmaktadır. Çalışmada bazalt geogridin tercih edilmesinin nedeni doğal kayaçtan elde edilen çevreci bir ürün olmasıdır. Deneylerde %69 ince içeren kumlu düşük plastisiteli kil (CL) kullanılmış, optimum su muhtevası %17 ve maksimum kuru birim hacim ağırlığı 16,65 kN/m^3 bulunmuştur. Bazalt geogridin 1 ve 2 sıra olarak yerleştirilmesiyle donatılandırılmış zeminde kuru ve yaş CBR deneyleri gerçekleştirilmiştir. Doğal durumda %7,24 ve %6,44 olarak elde edilen kuru ve yaş CBR değerleri, tek sıra bazalt geogrid kullanıldığında %15,19 ve %4,27, çift sıra bazalt geogrid kullanıldığında %16,71 ve %5,60 olarak elde edilmiştir. Yaş CBR deneylerinde şişme miktarları biribirine çok yakın olmak üzere 1.80 mm civarında bulunmuştur. Kuru durumda bazalt geogrid katkısının CBR direncini tekli kullanımda %110, çiftli kullanımda %130 arttırdığı tespit edilmiştir. Ancak yaş CBR değerlerine bakıldığında düşüşlerin geogrid olmayan durumda %11, tekli geogrid olması durumunda %72 ve çiftli kullanımda ise %67 civarında olduğu görülmüştür.Yaş durumda geogrid olmayan duruma göre tekli kullanımda %34, çiftli kulllanımdaysa %13 civarında düşüş belirlenmiştir. Bu durumda bazalt geogridin güçlendirme etkisinin suyun varlığında görülemediğini söylemek yanlış olmayacaktır. Deneyler sonrasında bazalt geogridin farklı geogrid türlerine bir alternatif olarak kullanılabileceği, ancak su seviyesinin yükselmesi ihtimali olan durumlarda dikkatli olunması gerektiği sonucuna varılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Kil Ortam, Zemin Güçlendirme, Bazalt Geogrid, Kaliforniya Taşıma Oranı Deneyi.

1. GİRİŞ

Artan nüfusla birlikte yerleşimlerin geoteknik problemlerin yaşandığı yerlere kayması günümüzün kaçınılmaz bir gerçeğidir. Herhangi bir yere binaların yapılması o bölgeye ulaşım sağlanmasını, alt yapı tesislerinin kurulmasını gerektirmektedir. Bu durumda da zaman içinde taşıma gücü aşılması, oturmaların kabul edilemez düzeye çıkması, ortam zeminlerinin depremler sırasında sıvılaşması veya yumuşaması, kayalık ancak eğimli arazilerde farklı oturma problemi gibi çok sayıda geoteknik problem ortaya çıkmaktadır. Herhangi bir yapılaşma öncesi ortam zeminlerinin incelenmesi ile olası problemlerin ortaya konması sonrasında iyileştirme seçeneği bodrum yapma, kazıklı temel yapma, destek sistemleri oluşturma gibi önlemlere alternatif olabilmektedir. Literatürde ve uygulamada çok sayıda iyileştirme çeşidi ve sınıflandırma yaklaşımları bulunmaktadır. İyileştirme yaklaşımlardan birinde Hausmann (1990), iyileştirme yöntemlerini mekanik, hidrolik, fiziksel-kimyasal, katkılı-yapısal destekli ve kitleyi kısıtlayarak özellikleri iyileştiren yöntemler olarak ayırmıştır. Bir geosentetik türü

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

olan geogridlerin kullanımı yapısal destek sağlaması açısından öne çıkmaktadır. Birçok dayanma yapısı ve ulaştırma yapıları ile ilgili problemlerde geogridler taşıma gücünü artırıcı olarak kullanılabilmektedir. Genel manada geosentetikler, zemin tabakalarını ayırma, güçlendirme, filtrasyon, drenaj, koruma ve erozyon kontrolü işlevlerini yerine getirmektedirler. Bu çalışmada doğal bir malzeme olan bazalt kayasından üretilmiş geogridler kil zemine eklenerek Kaliforniya Taşıma Deneyleri yapılmış ve etkileri tartışılmıştır.

2. GEOGRİD İLAVESİ İLE ZEMİN İYİLEŞTİRME ÖRNEKLERİ

Eğimli bir ortamda inşa edilen sürekli temellerin taşıma gücü geogrid katkısı etkisi altında incelenmiş ve temel genişliğinin %40'ı değerde bir derinliğe konulan geogridin en büyük artışı sağladığı belirlenmiştir (Das ve ark., 2000). Temel genişliğinin %172'si gibi bir derinlikten sonra geogridin olumlu etkisinin görülemediği de araştırma sonucu elde edilmiştir.

Demiröz ve ark. (2008) geogrid ile güçlendirilmiş kum ortamda temel taşıma gücünü irdelemişlerdir. Deneysel çalışmada temelin genişliği ve gömme derinliği, geogrid donatıların boyu ve tabaka sayısı ile donatının konulduğu derinlik değişken olarak kullanılmıştır. Bu faktörlerden temel genişliği taşıma gücünü yöneten en baskın parametre olarak öne çıkmıştır. Bunun dışında etkinlik sırası gömme derinliği, donatı derinliği, donatıların kaç tabaka olarak yerleştirileceği ve donatı boyu şeklinde ortaya çıkmıştır.

Şenol ve ark. (2008) kaplama olmadan inşa edilen yollarda geogrid kullanımını incelemişlerdir. Yol boyunca alt temel malzemesi kaynağının olmaması ve ocak mesafesinin uzak olması halinde geogrid kullanımının ekonomik olduğunu belirtmişlerdir.

Singh ve Gill (2012) çalışmalarında, düşük plastisiteli bir kili geogrid ile donatılandırmışlar ve Kaliforniya Taşıma Deneyleri yaparak sonuçları irdelemişlerdir. Optimum noktada hazırlanan numunelere geogrid tek katman halinde (derinlikler 0.2-0.4-0.6-0.8H) yerleştirilmiştir. Çalışmada geogrid ilavesinin CBR değerinde %100'e varan artışlar sağladığı bulunmuş, en iyi sonucun geogridin yüzeyden 0.2H kadar aşağıya konulması durumunda elde edildiği bildirilmiştir.

Toz ve Sert (2019) çalışmalarında bazalt geogridin silt zeminin CBR dayanımını nasıl etkilediğini incelemişlerdir. Çalışma sonucunda bazalt geogridin silt zemin kalınlığının belli bölgelerine konması durumunda kuru durumda CBR dayanımını %160'ı aşan oranlarda artırdığını ortaya koymuşlar ve doğal bir gereç olması nedeniyle de çevreci özelliğini öne çıkarmışlardır.

3. DENEYSEL ÇALIŞMA ve DENEY SONUÇLARI

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

Deneylerde Sakarya'nın Hendek ilçesinden temin edilen kil zemin kullanılmış, öncelikle doğal zemin üzerinde sınıflandırma, kompaksiyon ve Kaliforniya Taşıma deneyleri (CBR) yapılmıştır. Sonrasında bazalt geogridin 1 ve 2 sıra olmak üzere farklı konumda yerleştirilmesiyle donatılandırılmış zemin üzerinde kuru ve yaş CBR deneyleri gerçekleştirilmiştir.

Yapılan deneylerde %69 ince içeren doğal zeminin sınıfı kumlu düşük plastisiteli kil (CL), optimum su muhtevası %17 ve maksimum kuru birim hacim ağırlığı 16,65 kN/m^3 olarak bulunmuştur. Deneylerde kullanılan kil zemin Görsel 1'de gösterilmiş, Çizelge 1'de ise fiziksel özellikleri özet olarak sunulmuştur. Görsel 2 ve Görsel 3'te kil zemine ait dane dağılım eğrisi ve standart Proctor sıkıştırma eğrisi sunulmaktadır.

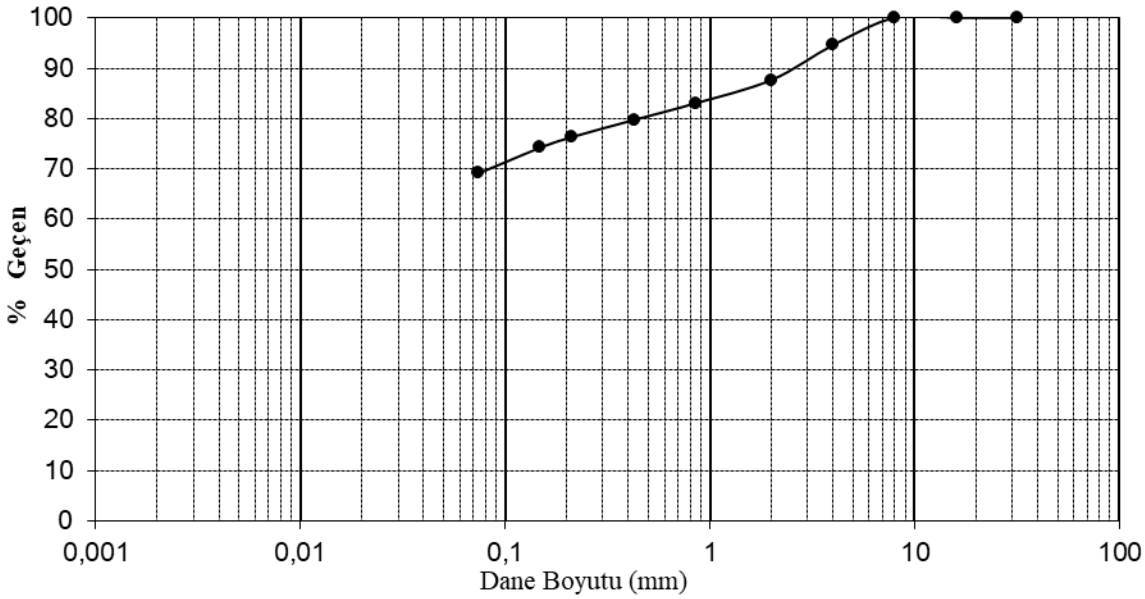


Görsel 1. Deneylerde Kullanılan Kil Zemin

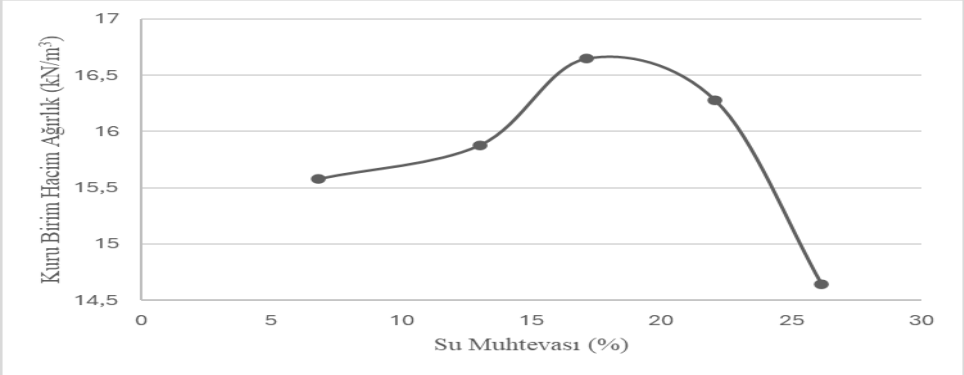
Çizelge 1. Kil Zeminin Özellikleri

Özellik	**Simge ve Birim**	**Değer**
Likit limit	LL (%)	27
Plastik limit	PL (%)	16
Plastisite indisi	PI (%)	11
Maksimum kuru hacim ağırlık	γ_{kmaks} (kN/m^3)	16.65
Optimum su muhtevası	w_{opt} (%)	17
No 200'den geçen	%	69

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

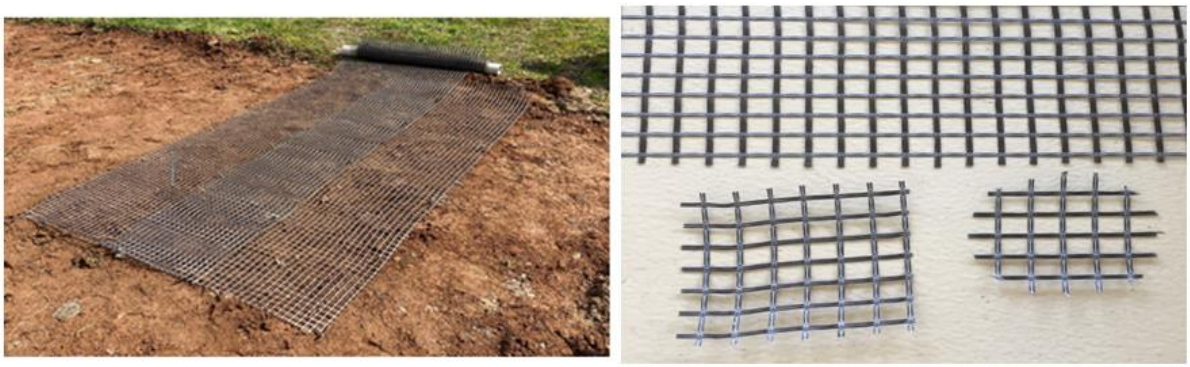


Görsel 2. Kil Zeminin Dane Dağılım Eğrisi



Görsel 3. Kil Zeminin Kompaksiyon Eğrisi

Deneylerde doğal bazalttan üretilmiş bazalt geogrid kullanılmıştır. Dairesel CBR kalıbına konacak olan geogrid dairesel şekilde kesilmiştir. Çift yönde taşıyıcı özelliği olan geogride ait fotoğraflar Görsel 4'te ve özellikleri Çizelge 2'de verilmiştir.



Görsel 4. Bazalt Geogridin Bütün ve Kesilmiş Hali

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

Çizelge 2. Kullanılan Bazalt Geogridin Özellikleri

Özellik	Birim	Değer
Ham madde	-	Bazalt
Renk	-	Kahverengi
Gözenek açıklığı	mm/mm	25/25
Kalınlık	mm	1
Ağırlık	g/m^2	320
Elastisite modülü	GPa	26.20
Kopma anında uzama	%	2.20

Öncelikle doğal kil, sonrasında biri tek sıra, diğeri çift sıra bazalt geogrid içeren toplamda 6 adet numune pres ile CBR kalıbına yerleştirilip kuru ve yaş şartlarda Kaliforniya Taşıma Oranı (CBR) deneylerine tabi tutulmuştur. Görsel 5'te numunelerin hazırlanmasına yönelik fotoğraflar sunulmaktadır. Sıkıştırma işlemi, TS1900-2, Taşıma Oranı Tayini Deneyi, Statik Sıkıştırma, Metot 1'e göre yapılmış ve ıslak CBR deneyleri için numuneler 96 saat süreyle suda bekletilmiştir. Geogridler tek ve çift tabaka halinde yerleştirilmiştir. CBR kalıbının boyu H olmak üzere; Tek tabaka geogrid, kalıbın 0.2H noktasına, Çift tabaka geogrid, 0.1H ve 0.3H noktalarına yerleştirilmiştir.



Görsel 5. Numunelerin Hazırlanması

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

Görsel 6'da numunenin suda 96 saat bekleme süreci, sonrasında numunenin kalıpta şişmiş hali, kesme aşaması ve kesme sonucunda oluşan batmanın görüntüsü topluca verilmiştir.



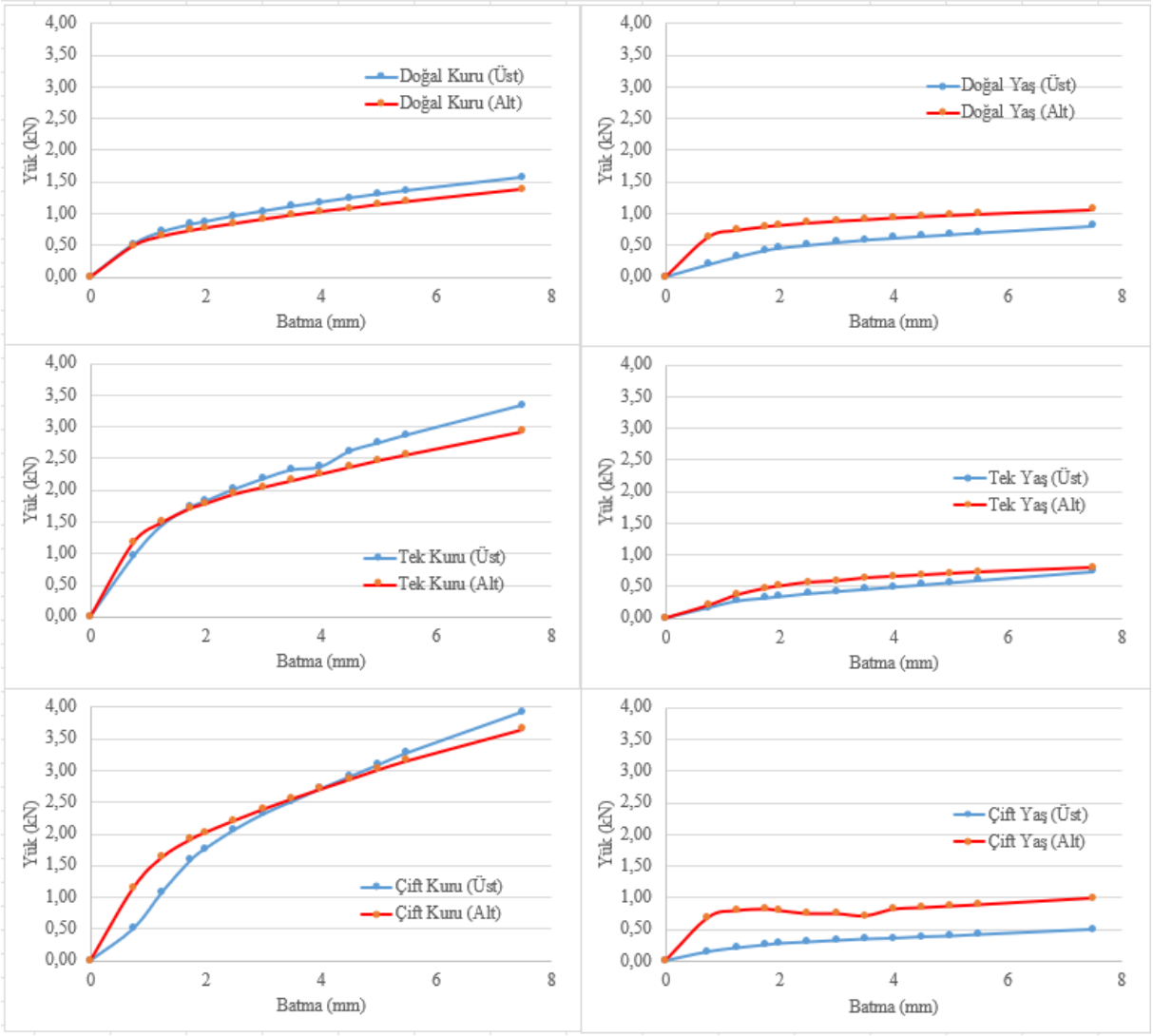
Görsel 6. CBR Deney Aşamaları

Görsel 7'de doğal numunenin yaş CBR deneyine ait okumalar örnek olarak sunulmaktadır. Burada standart okuma değerleri 2.5 mm için 13.24 kN ve 5 mm için 19.96 kN olarak verilmektedir.

Penetrasyon (mm)	Üst Okuma	Yük (kN)	Alt Okuma	Yük (kN)	Standart Yük (kN)	CBR %
0	0	0	0	0	0	
0,75	91	0,19	297	0,63		
1,25	148	0,31	347	0,74		
1,75	197	0,42	375	0,80		
2	215	0,46	385	0,82	11,50	
2,5	237	0,50	402	0,85	13,24	3,85
3	257	0,55	416	0,88		
3,5	276	0,59	427	0,91		
4	290	0,62	440	0,93	17,60	
4,5	303	0,64	450	0,95		
5	316	0,67	459	0,97	19,96	3,36
5,5	330	0,70	468	0,99		
7,5	380	0,81	501	1,06		

Görsel 7. Doğal Numunede Yaş CBR Deney Okumaları

Görsel 8' de üçü kuru üçü yaş durumda olmak üzere 6 adet CBR deneyinde elde edilmiş üst ve alt okumalar grafikler halinde verilmektedir. Burada ilk bakışta dikkat çeken özellik kuru durumda geogrid kullanımının batma için gerekli yük değerini açık bir şekilde arttırdığıdır. Bunun yanında yaş okumalarda geogridli numunelerde yük değerindeki düşüşün daha fazla olduğu da dikkat çekmektedir.



Görsel 8. Tüm Numunelerde CBR Deney Okumaları

CBR sonuçlarına bakıldığında doğal durumda %7,24 ve %6,44 olarak elde edilen kuru ve yaş CBR değerleri, tek sıra bazalt geogrid kullanıldığında %15,19 ve %4,27, çift sıra bazalt geogrid kullanıldığında %16,71 ve %5,60 olarak elde edilmiştir. Yaş CBR deneylerinde her bir durum için şişme miktarları biribirine çok yakın olmak üzere 1.80 mm civarında bulunmuştur. Bu konfigürasyonlarda şişme değerlerinde bir azalma görülememiştir. Kuru durumda CBR değerlerine bakıldığında bazalt geogrid katkısının CBR direncini tekli kullanım için %110, çiftli kullanım için %130 civarında arttırdığı tespit edilmiştir. Ancak yaş CBR değerlerine bakıldığında geogrid olmayan durumda düşüşün %11 civarında olduğu, tekli geogrid olması durumunda düşüşün %72'ye, çiftli kullanımda ise %67'ye vardığı görülmüştür.Yaş durumda geogrid olmayan duruma göre tekli kullanımda %34, çiftli kulllanımda ise %13 civarında bir düşüş olduğu ilginç bir bulgu olarak belirlenmiştir. Bu durumda bazalt geogridin güçlendirme etkisinin suyun varlığında görülemediğini söylemek yanlış olmayacaktır. Deneyler sonrasında bazalt geogridin farklı geogrid türlerine bir alternatif olarak kullanılabileceği, ancak su

seviyesinin yükselmesi ihtimali olan durumlarda dikkatli olunması gerektiği sonucuna varılmıştır. Çizelge 3' de kuru ve yaş CBR deney sonuç özeti sunulmaktadır. Buradaki artış ve azalış oranları ilgili batma miktarı kullanılarak elde edilmiştir.

Çizelge 3. Kuru ve Yaş CBR Deney Sonuç Özeti

	ÜST OKUMA				ALT OKUMA			
	2.5 mm		5 mm		2.5 mm		5 mm	
	ORAN (%)	ARTIŞ (%)	ORAN (%)	ARTIŞ (%)	CBR (%)	ARTIŞ (%)	ORAN (%)	ARTIŞ (%)
GEOGRİD YOK KURU	7,24	--	6,51	--	6,34	--	5,70	--
TEK TABAKA GEOGRİD KURU	15,19	109,81	13,73	110,91	14,66	131,23	12,38	117,19
ÇİFT TABAKA GEOGRİD KURU	15,55	114,78	15,44	137,17	16,71	163,56	15,09	164,74
GEOGRİD YOK YAŞ	3,80	--	3,36	--	6,44	--	4,88	--
TEK TABAKA GEOGRİD YAŞ	2,93	-22,89	2,83	-15,77	4,27	-33,70	3,54	-27,46
ÇİFT TABAKA GEOGRİD YAŞ	2,22	-41,58	1,95	-41,96	5,60	-13,04	4,30	-11,89

4. SONUÇLAR

Çalışma sonucunda elde edilen sonuçlar aşağıda özetlenmiştir;

- Bazalt geogrid katkısı kuru numunelerde tüm okumalarda CBR değerini artırmıştır (kil zemini iyileştirmiştir).
- Yaş numunelerde tüm okumalarda düşüş görülmüştür. Bazalt geogridin kullanıldığı durumlarda bu düşüş çok daha fazla olmuştur. Bu da yaş durumda geogridin CBR değerine olumsuz etki yaptığına işaret etmektedir.
- Elde edilen bu sonuçlara göre, bazalt geogridin su seviyesinin yükselmeyeceği ortamlarda kullanılması durumunda kil zeminin iyileşmesini sağlayacağı anlaşılmıştır.
- Doğada bulunan bir kayaçtan üretilmesi sebebiyle polipropilen vb. geogridlere göre çevreci özelliğe sahip olan bazalt geogridin zemin iyileştirmesinde alternatif olarak kullanılabileceği düşünülmektedir.

KAYNAKÇA

1. Das, B.M., Omar, M.T., Atalar. C., Geogrid - Takviyeli Kil Şevlerin Üzerinde Yer Alan Sürekli Temellerin Toplam Taşıma Kapasitesi, Zemin Mekaniği ve Temel Mühendisliği Sekizinci Ulusal Konferansı, 223-232, İstanbul, 2000.

2. Demiröz, A., Tan, Ö., Erkan, İ.H., Geogrid Donatılı Kumların Taşıma Gücünü Etkileyen Tasarım Faktörlerinin Optimizasyonu, Zemin Mekaniği ve Temel Mühendisliği Onikinci Ulusal Konferansı, 789-798, Konya, 2008.

3. Hausmann, M.R., Engineering Principles of Ground Modification, McGraw-Hill College, NewYork, 1990.

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

4. Singh, P., Gill, K.S., CBR Improvement of Clayey Soil with Geogrid Reinforcement , International Journal of Emerging Technology and Advanced Engineering, Vol.2, No.6, pp. 456-462, 2012.

5. Şenol, A., Gümüşer, C., Bostancıoğlu, M., Kaplamasız Yollarda Geogrid Kullanımının Farklı Hesap Yöntemleriyle Ekonomik Analizi, Zemin Mekaniği ve Temel Mühendisliği Onikinci Ulusal Kongresi, 649-658, Konya, 2008.

6. Toz, M., Sert, S., Bazalt Geogridin Zemin İyileştirmesinde Kullanımı, Sekizinci Ulusal Geosentetikler Konferansı, 277-286, İstanbul, 2019.

7. TSE, TS1900-2 İnşaat Mühendisliğinde Zemin Laboratuvar Deneyleri- Bölüm 2: Mekanik Özelliklerin Tayini, Ankara, 2006.

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

VALUATION OF RESIDENTIAL REAL ESTATE USING MACHINE LEARNING TECHNIQUES

Reyyan AYDOĞDU[1*], Olcay GENÇ[2], and Serkan AYDINLI[3]

[1] İskenderun Technical University, Faculty of Engineering and Natural Science, ORCID ID

[2] Uludağ University, Faculty of Engineering, ORCID ID

[3] Çukurova University, Faculty of Engineering, ORCID ID

ABSTRACT

The valuation of real estate plays a crucial role in informing investment decisions, determining tax obligations, and conducting financial risk assessments. However, traditional valuation approaches are often characterized by high costs and lengthy processes. This inherently intricate procedure is shaped by factors such as market price fluctuations, regional economic conditions, and the state of infrastructural development. Conventional methods typically rely on human expertise and subjective judgment, making them prone to inaccuracies and biases. Machine learning methodologies stand out for their ability to derive meaningful insights from vast datasets and generate more accurate predictions. Techniques such as machine learning and deep learning enhance predictive capabilities by analyzing complex data structures and detecting patterns that may elude human analysts. By leveraging data mining, statistical analysis, and automated learning algorithms, these models surpass the constraints of traditional approaches. This study explores the feasibility of employing machine learning methodologies to estimate real estate unit values. The effectiveness of algorithms, linear regression, k-nearest neighbor, decision tree, and random forest was evaluated through empirical analysis. The results demonstrate that machine learning-based models achieve higher accuracy rates compared to traditional regression methods, significantly minimizing errors and biases. Incorporating machine learning-driven valuation systems has the potential to revolutionize the real estate sector by enabling more transparent, consistent, and reliable property valuations.

Keywords: Estate Valuation, Unit Value Estimation, Artificial Intelligence, Machine Learning, Data Mining, Prediction Models.

1. INTRODUCTION

The building construction industry is the locomotive for many sectors. A critical challenge in building construction investment is determining the realistic sales price of real estate. The attributes of the property and its surrounding region can influence the property's value. The architectural design and production quality of the property, as well as features such as the number of rooms and bathrooms, are significant factors in the sale process. Besides, the region's socioeconomic demographics and facilities

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

can influence sales pricing. Residential properties close to social facilities, such as parks and shopping centers, could have a higher value than those without such facilities.

Assessing the value, depending on several variables, is a complex process for experts. Therefore, many approaches have been proposed in the literature, and efforts have been undertaken to improve the valuation process. Integrating Geographic Information Systems (GIS) has augmented the assessment process with spatial analysis that boosts the precision of property valuations [1]. Machine learning approaches have also gained attention in real estate appraisal. Random Forest Regression (RF) has been successfully used in mass evaluation, showcasing its capacity to manage extensive datasets and enhance valuation precision [2]. Also, the decision tree (DT) algorithm is extensively employed in real estate valuation processes. He et al. conducted real estate valuation using tree-based models in their study and mentioned that the decision tree algorithm can be used in valuation processes. The utilization of the k-nearest neighbors (k-NN) regressor in real estate appraisal is a promising method that can manage complex datasets. Cheung [3] examines the adoption of the nearest-neighbor methodology to adjust for attribute discrepancies among residential units, thus enhancing value precision. Linear regression (LR), a prevalent machine learning technique, serves as a statistical method for real estate valuation and estimates the correlation between property prices and various influencing variables. Alexandridis et al. [4] emphasize the efficiency of hedonic pricing models, employing linear regression to evaluate property values, particularly during the financial crisis in Greece.

The literature predominantly emphasizes the efficacy of the models, employing numerous parameters as variables. Nevertheless, there exists a lack of studies regarding the efficacy of real estate valuation that focuses only on residential attributes. This study aims to assess the efficacy of prediction models to be developed by using only the characteristics of real estate. To this end, real estate valuation reports from different locations of a province were examined, valuations were conducted using machine learning models, and the efficacy of the models was evaluated.

2. EXPERIMENTAL RESEARCH

The study compares the valuation performance of commonly used machine learning regression techniques. The collected data and details of the experimental study are given below.

2.1. Data Collection

A city in Türkiye, with a population of over 250,000, was determined as the sample region. Data on the value and features of real estate were gathered from 150 real estate value assessment reports, which are given in Table 1.

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

Table 1. Dependent and independent variables

Variable	Coding	Independent/Dependent
Housing in Complex	Binary	Independent
Floor	Integer	Independent
Attached/Detached Building	Binary	Independent
Security Guard	Binary	Independent
Parking Lot	Binary	Independent
Parking Garage	Binary	Independent
Elevator	Binary	Independent
Number of Bathrooms	Integer	Independent
Total Number of Floor	Integer	Independent
Number of Room	Integer	Independent
Unit Value	Continuous	Dependent

2.2. Linear Regression (LR) Model

LR is widely employed to determine the relationships between independent and dependent variables and estimate the dependent variable. LR constructs a linear model between the independent variables and the dependent variable and determines the relationship between them. LR uses the following formula to calculate the dependent variable (Eq 1).

$$a_1x_1 + a_2x_2 \ldots + a_nx_n + \mathrm{c} = \mathrm{Y} \qquad (1)$$

where; x_n is the independent variable, a_n is the coefficient of each independent variable, Y is the dependent variable and c is the constant. LR is an attractive candidate for problems where independent variables are employed to predict a continuous dependent variable, such as real estate valuation. The LR model, representing a traditional statistical technique, is employed, and its performance is assessed.

2.3. K-Nearest Neighbor Regressor (k-NN) Model

The k-NN regression model constructs a feature space with the training data and assesses the distance of the new sample from the training data in this space. Then, it produces a prediction for the new sample by utilizing the nearest samples as reference points [5]. Euclidean distance is usually used to measure distances between samples. The crucial step of the approach is the optimization of the parameter “k,” which defines the number of nearest samples to be included in the calculations (Fig 1).

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

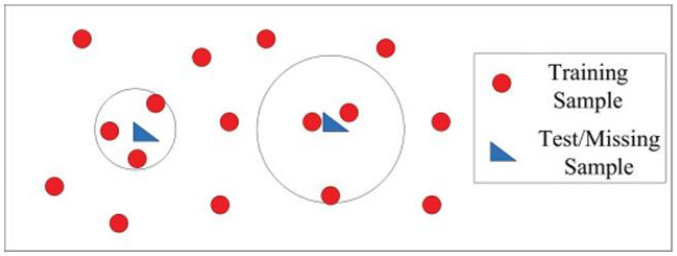


Fig 1. Feature space of k-NN regression algorithm k=3 [6]

Given that the independent variables in the valuation reports contain categorical data, the approach is deemed very appropriate for the problem.

2.4. Decision Tree Regression (DT) Model

DT is recognized as the fundamental algorithm in classification and regression trees (CART) models. DT constructs an algorithm that predicts the dependent variable by creating a tree-like structure based on the independent variables. Predictions are generated using nodes and leaves formed inside the structure [7].

A key advantage of DT is that it is very easy to adapt and implement. Furthermore, decision trees can deal with both numerical and categorical data [8]. Therefore, it was considered applicable to the problem and included in the study.

2.5. Random Forest Regression (RF) Model

RF which was first introduced by Breiman [9] is another tree-based algorithm that constructs many decision trees to enhance prediction precision [10]. The literature indicates that RF can outperform many other algorithms in multidimensional problems. Thus, RF was adopted into the study, and its performance was evaluated.

2.6. Development and Evaluation of Models

The development and evaluation of models are highly important when employing machine learning algorithms. Hyperparameters significantly influence the efficacy of machine learning models. The hyperparameters of the algorithms should be tuned according to the data; otherwise, the success rate of the model decreases [11]. The parameters are tuned during the training process through several methods and are then applied to produce a prediction for a new sample.

In this study, a grid-search strategy was employed to determine the appropriate hyperparameter tuning. Grid-search partitions hyperparameters into intervals, forming a grid, and evaluates the nodes inside this grid using the training data to identify the most suitable configurations.

Another key issue is to determine the success of the models. The most commonly used error metrics are Mean Squared Error (MSE), Mean Absolute Error (MAE), Root Mean Squared Error (RMSE), and Mean Absolute Percentage Error (MAPE). The efficacy of predictions in real estate valuation is assessed by the percentage variation of the forecast from the actual value. For this reason, MAPE was chosen as the evaluation metric (Eq 2).

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

$$MAPE = 100\frac{1}{n}\sum_{t=1}^{n}\left|\frac{A_t - F_t}{A_t}\right| \quad (2)$$

where A_t is the actual value and F_t is the forecast value.

The backward elimination technique was applied to identify significant variables in the models. The models were initially assessed with all variables included, followed by a systematic exclusion of each variable to determine any enhancement in performance.

3. RESULTS AND DISCUSSION

First, the LR model is discussed in the study. Linear regression model results are given in Table 2.

Table 2. Results of the LR Model

Excluded Variables	MAPE
-	%53,09
Parking Garage	%52,20
Parking Lot	%52,03
Attached/Detached Building	%51,91
Elevator	%51,62
Number of Bathrooms	%50,56
Number of Room	%47,92
Floor	%46,78
Included variables: Housing in Complex, Security Guard, Total Number of Floor	

The linear regression model reaches success with a minimal number of variables. The model achieves a success rate of 46.78% with only three variables. In the model, Housing in the Complex, the Security Guard, and the Total Number of Floors were identified as significant variables.

Second, the k-NN regression algorithm was tested on the data. The k-NN regression algorithm is the model that includes the largest number of variables in the model and produces the most successful results (Table 3).

Table 3. Results of the k-NN Model

Excluded Variables	MAPE
-	%45,90
Housing in Complex	%43,98
Included variables: Floor, Attached/Detached Building, Security Guard, Parking Lot, Parking Garage, Elevator, Number of Bathrooms, Total Number of Floor, Number of Room	

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

Finally, tree-based algorithms are evaluated. The findings indicate that the DT and RF algorithms yield comparable outcomes. The results of DT and RF models are presented in Tables 4 and 5.

Table 4. Results of the DT Model

Excluded Variables	MAPE
-	%61,60
Housing in Complex	%61,60
Number of Bathrooms	%60,84
Floor	%58,51
Parking Lot	%58,42
Attached/Detached Building	%58,42
Security Guard	%58,42
Included variables: Parking Garage, Elevator, Total Number of Floor, Number of Room	

Table 5. Results of the RF Model

Excluded Variables	MAPE
-	%54,08
Parking Garage	%53,86
Parking Lot	%53,37
Housing in Complex	%53,03
Number of Bathrooms	%52,95
Number of Room	%52,69
Floor	%51,97
Included variables: Attached/Detached Building, Security Guard, Elevator, Total Number of Floor	

The study shows that machine learning techniques can achieve a certain prediction success by considering the physical characteristics of real estate properties. Nonetheless, physical attributes alone are inadequate. To comprehensively assess the value of the real estate, it is essential to acquire information regarding the neighborhood and its surroundings. For example, it is known that real estate close to public transportation, such as rail systems, is more valuable than others [12]. Green and brownfields in the surrounding area also affect property value. Brownfields can adversely affect property values [13]. The economic conditions prevailing at the time of valuation are additional elements that directly influence the value. Developing econometric models is crucial for accurately assessing real estate value [14].

4. CONCLUSION

This study aims to determine the effectiveness of machine learning techniques in real estate valuation processes, which are vital for real estate investments. Valuation reports on 150 residential buildings were evaluated, resulting in the compilation of a dataset containing the physical attributes of the properties. The study concluded that machine learning approaches can serve as an effective decision-support tool in the valuation process. Nevertheless, it is essential

to remember that these technologies require adequate variables for optimal functionality. The physical and environmental attributes of the real estate must be clearly defined, and the economic and market conditions pertinent to the valuation period should be thoroughly investigated. In the future, we believe that the development of machine learning models that include all of these variables will make significant contributions to the sector.

REFERENCES

[1] Y. Tian and J. P. Yang, "Application of Geographic Information System on Urban Residential Real Estate Mass Appraisal," *Appl. Mech. Mater.*, vol. 744–746, pp. 1665–1668, Mar. 2015, doi: 10.4028/www.scientific.net/AMM.744-746.1665.

[2] J. Hong, H. Choi, and W. Kim, "A House Price Valuation Based on The Random Forest Approach: The Mass Appraisal of Residential Property in South Korea," *Int. J. Strateg. Prop. Manag.*, vol. 24, no. 3, pp. 140–152, Feb. 2020, doi: 10.3846/ijspm.2020.11544.

[3] S. K. C. Cheung, "A Localized Model for Residential Property Valuation: Nearest Neighbor with Attribute Differences," *Int. Real Estate Rev.*, vol. 20, no. 2, pp. 221–250, Jun. 2017, doi: 10.53383/100242.

[4] A. K. Alexandridis, D. Karlis, D. Papastamos, and D. Andritsos, "Real Estate valuation and forecasting in non-homogeneous markets: A case study in Greece during the financial crisis," *J. Oper. Res. Soc.*, vol. 70, no. 10, pp. 1769–1783, Oct. 2019, doi: 10.1080/01605682.2018.1468864.

[5] K. C. Assi, H. Labelle, and F. Cheriet, "Modified Large Margin Nearest Neighbor Metric Learning for Regression," *IEEE Signal Process. Lett.*, vol. 21, no. 3, pp. 292–296, Mar. 2014, doi: 10.1109/LSP.2014.2301037.

[6] S. Zhang, X. Li, M. Zong, X. Zhu, and D. Cheng, "Learning k for kNN Classification," *ACM Trans. Intell. Syst. Technol.*, vol. 8, no. 3, pp. 1–19, May 2017, doi: 10.1145/2990508.

[7] W. Loh, "Classification and regression trees," *WIREs Data Min. Knowl. Discov.*, vol. 1, no. 1, pp. 14–23, Jan. 2011, doi: 10.1002/widm.8.

[8] A. C. Sick-Samuels *et al.*, "A Decision Tree Using Patient Characteristics to Predict Resistance to Commonly Used Broad-Spectrum Antibiotics in Children With Gram-Negative Bloodstream Infections," *J. Pediatric Infect. Dis. Soc.*, vol. 9, no. 2, pp. 142–149, Apr. 2020, doi: 10.1093/jpids/piy137.

[9] L. Breiman, "Random Forests," *Mach. Learn.*, vol. 45, pp. 5–32, 2001.

[10] M. Segal and Y. Xiao, "Multivariate random forests," *WIREs Data Min. Knowl. Discov.*, vol. 1, no. 1, pp. 80–87, Jan. 2011, doi: 10.1002/widm.12.

[11] J. A Ilemobayo *et al.*, "Hyperparameter Tuning in Machine Learning: A Comprehensive Review," *J. Eng. Res. Reports*, vol. 26, no. 6, pp. 388–395, Jun. 2024, doi: 10.9734/jerr/2024/v26i61188.

[12] M. F. Dziauddin, "The impact of urban light rail transit on double-story terraced property values in the Greater Kuala Lumpur, Malaysia," *Indones. J. Geogr.*, vol. 53, no. 1, Apr. 2021, doi: 10.22146/ijg.46302.

[13] K. Tureckova, S. Martinat, J. Skrabal, P. Chmielova, and J. Nevima, "How local

population perceive impact of brownfields on the residential property values: Some remarks from post-industrial areas in the Czech Republic," *Geogr. Tech.*, vol. 12, no. 2, pp. 150–164, Oct. 2017, doi: 10.21163/GT_2017.122.13.

[14] M. Doszyń, "Prior information in econometric real estate appraisal: a mixed estimation procedure," *J. Eur. Real Estate Res.*, vol. 14, no. 3, pp. 349–361, Oct. 2021, doi: 10.1108/JERER-11-2020-0057.

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

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

KAHRAMANMARAŞ DEPREMLERİ SONRASINDA MALATYA BÖLGESİNDE MEYDANA GELEN HASARLARIN ANALİZİ

Doç. Dr. Yaşar AYAZ
İnönü Üniversitesi/Mühendislik Fakültesi
yasar.ayaz@inonu.edu.tr - 0000-0002-1089-0700

ÖZET

Kahramanmaraş depremleri sonrasında Malatya bölgesinde birçok binada orta ve ağır düzeyde hasar meydana gelmiştir. Bazı binalar deprem sırasında göçmüştür. Deprem sonrası yapılan incelemeler, çeşitli yapısal tasarım kusurlarının ve uygulama eksikliklerinin bu hasarlara sebep olduğunu ortaya koymaktadır. Öncelikle, deprem sırasında binaların deprem yüklerine karşı dayanıklılığını artıran perdelerin yetersiz olduğu tespit edilmiştir. Etriye sıklaştırma işleminin ihmal edilmesi, betonarme elemanların dayanıklılığını azaltmıştır. Yumuşak kat, bina stabilitesini olumsuz etkilemiş ve dayanıklılığı azaltarak bu katlarda binanın hasara uğramasına sebep olmuştur. Konsol kullanımındaki hatalar, deprem sırasında yapısal elemanlar üzerinde ek yüklere yol açmıştır. Kalitesiz beton kullanımı, yapısal dayanıklılığı olumsuz yönde etkilemiştir. Zemin etütlerin uygun yapılmadığı veya hiç yapılmadığı, zemine uygun olmayan temel yapısı üzerine binaların inşa edildiği görülmüştür. Bu analiz, Malatya bölgesindeki hasarın temel nedenlerini belirlemeyi ve gelecekteki geliştirme süreçlerinde daha güvenli ve depreme dayanıklı binalar inşa etmek için önlemlerin uygulanmasına katkıda bulunmayı amaçlamaktadır.

Anahtar Kelimeler: Deprem hasarı, depreme dayanıklı yapı, sismik tasarım

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

1. GİRİŞ

06.02.2023 günü, Türkiye saati ile 04:17'de ve 13:24'de merkez üssü Pazarcık (Kahramanmaraş) ve Elbistan (Kahramanmaraş) olan Mw 7.7 ve Mw 7.6 büyüklüğünde iki deprem meydana gelmiştir. 7.7 büyüklüğündeki deprem yerin 8.6 km derinliğinde meydana gelirken 7.6 büyüklüğündeki deprem yerin 7 km derinliğinde meydana gelmiştir[1]. Mercalli şiddet ölçeğine göre sarsıntıların şiddeti, ölçeğin en yüksek değeri olan XII (Afetsel) olarak saptanmıştır. Depremler sonucunda Türkiye'de resmî rakamlara göre en az 53 bin 537, Suriye'de ise en az 8 bin 476 kişi ölmüş ve toplam 122 binden fazla kişi ise yaralanmıştır. Depremlerin ardından büyüklüğü 6,7 Mw 'e kadar varan 45 binden fazla artçı sarsıntı gerçekleşmiştir[2].

Betonarme binalarda hasar görme nedenleri arasında yapıların projelendirilme aşamasında kullanılan deprem yükleri, imalat aşamasında yapılan hatalar, yapı güvenliğinden tavizler, taşıyıcı sistemin seçimi, zeminde oluşan oturmalar, yangın, donma-çözünme, çarpma ve patlatma etkileri bulunmaktadır. Bu nedenler sonucunda binalar hasar görmektedir [3].

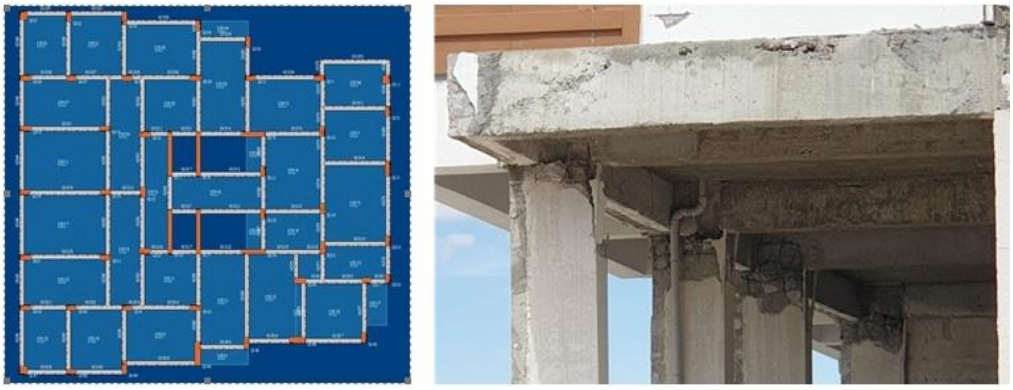
Önceki depremlerde ve bu depremler sırasında yapılan birçok çalışmada benzer kusurların yapılarda hasara yol açtığı gözlenmiştir. İnel vd. tarafından yapılan çalışmalarda ise 2011 yılındaki Simav ve Van Depremleri sonrasında benzer bulgular tespit edilmiştir. Yapılan detaylı incelemelerle hasarlı yapıların başlıca malzeme özellikleri, tasarım ve uygulama süreçlerindeki eksikliklerden etkilendiği belirlenmiştir. Özellikle derz bölgelerinde ve donatı ek yerlerinde oluşan yetersizlikler yapıların çökmesine katkıda bulunan önemli faktörler olarak göze çarpmaktadır. Yetersiz ve/veya hatalı yanal donatı uygulamaları, kısa kolonlar, kapalı çıkmalar, yumuşak kat etkileri, yalıtım hataları, kalkan duvar imalatları, yetersiz beton dayanımı, binalar arası çekiçleme ve çarpışma etkileri ile yapısal sistem tasarım hataları da önemli faktörler arasında yer almaktadır. Bu eksikliklerin yapıların dayanıklılığını ve deprem performansını olumsuz yönde etkilediği vurgulanmıştır [4]. Türkiye'de meydana gelen depremlerde betonarme yapılar üzerindeki hasarları incelediğimizde, bu zararların büyük ölçüde yönetmelik ihlallerinden kaynaklandığı açıkça görülmektedir. Özellikle Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği (TBDY-2018) çerçevesinde betonarme yapıların tasarım ve uygulamalarında görülen düzensizlikler, bu yapıların deprem etkisi altında hasar görmesine neden olmaktadır[5]. 2020 Elazığ depremi sonrasında yaptıkları incelemede, Sıkoğlu ve Güney, depremden en çok etkilenen mahallelerin öncelikle eski yapı stoklarının yoğun varlığı ve alüvyonlu arazideki jeolojik konumları nedeniyle zarar gördüğünü belirtmişlerdir [6].

Bu makalede, 6 Şubat depremleri sonrasında Malatya'da binalarda hasara yol açan eksiklikler, saha incelemelerine dayalı olarak detaylı bir şekilde incelenmiştir. Malatya bölgesinde yapılan incelemelerde imar problemleri, yetersiz perde duvarı, hatalı veya zemine uygun olmayan temel seçimi, aşırı konsol kullanımı, yatay-düşey düzensizlikler, düşük kalite beton ve işçilik hatalarının (kalıp ve demir) başlıca hasar sebepleri arasında yer aldığı görülmüştür.

2. ARAZİ ÇALIŞMALARI VE BULGULAR

2.1. Perde duvar yetersizliği

Perde duvarları, bir yapının depremlere karşı direncini artırmada ve olası hasarı en aza indirmede kritik bir rol oynar. Bu duvarlar, yapıyı sismik kuvvetlere karşı güçlendirir ve deprem sırasında oluşabilecek olası deformasyonları kontrol ederler[7]. Yüksek katlı binalarda önemli bir anti-yanal kuvvet bileşeni olarak, betonarme perdeler tüm yapının sismik performansını önemli ölçüde etkiler [8]. Deprem sonrası yapılan incelemelerde, Malatya bölgesinde deprem kuvvetlerini karşılayacak yeterlilikte perde duvarların kullanılmadığı görülmüştür. Perdelerin daha çok, asansör ve merdiven etrafında kullanıldığı, bunun da sadece o bölgede rijitliği artırarak yapıda hasarlara sebep olduğu görülmüştür. Uygun olmayan perdelerin yapıda burulmalara sebep olduğu görülmüştür (Görsel 1).



Görsel 1. Yetersiz perde duvar

2.2. Etriye hataları

Etriye, betonarme yapılarda donatının stabilitesini sağlamak ve kesme kuvvetlerine karşı dayanımı artırmak amacıyla kullanılan temel elemanlardan biridir. Özellikle kolon ve kirişlerde donatıların burkulmasını önler ve yapı elemanlarının şekil değiştirme kapasitesini artırır [9]. Etriyelerin yetersiz aralıkları betonarme yapılar üzerinde çeşitli olumsuz etkilere sahip olabilir. Bu durum yapısal performansın zayıflamasına, çatlakların oluşmasına, dayanıklılık kaybına yol açabilir. Bu nedenle, etriye aralıklarının doğru belirlenmesi ve uygulanması betonarme yapı elemanlarının güvenilirliği ve dayanıklılığı için çok önemlidir. Deprem sonrası sahada yapılan incelemelerde, etriyelerin projeye uygun yapılmadığı, bağlantılarının düzgün olmadığı ve aralıklarının yetersiz olduğu tespit edilmiştir (Görsel 2).



Görsel 2. Yetersiz perde duvar

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

2.3. Yumuşak kat

Yumuşak kat, bir binanın belirli bir katında diğer katlara göre daha az rijitliğe veya dayanıklılığa sahip olması durumudur ve genellikle ticari alanlar gibi geniş açıklık gereksinimi nedeniyle ortaya çıkar. Bu durum, özellikle deprem anında, yumuşak katın aşırı deformasyona uğramasına ve üst katların çökmesine neden olarak ciddi yapısal hasarlara yol açabilir. Malatya bölgesinde şehir merkezinde yapılan konutların alt katları ticari işyerleri olarak yapılmıştır. Bu işyerlerinde dolgu duvarlar yapılmamış, kat yükseklikleri de normal katlardan fazla bırakılmıştır. Bu durum binaların daha fazla hasar almalarına sebep olmuştur (Görsel 3).



Görsel 3. Yumuşak kat

2.4. Gereksiz konsol kullanımı

Günümüzde özellikle imar kısıtlamaları nedeniyle özellikle şehir merkezlerinde inşa edilen yapılara bakıldığında birinci kattan itibaren, üst katlarda daha fazla alan kazanmak için, konsolların kullanıldığı görülmektedir. Ülkemizde konsollu yapıların oranı oldukça yüksektir. Ancak ülkemizin sahip olduğu geniş arazi yapısı göz önüne alındığında konsolların gerekliliği sorgulanabilir. Binalarda konsollar, estetik ve işlevsel faydalar sağlasa da bazı yapısal ve mali dezavantajlara sahiptir. İlk olarak, konsollar, özellikle uzun açıklıklarda, moment ve kesme kuvvetlerinin artmasına neden olur, bu da betonarme elemanların boyutlarını ve donatı miktarını artırır [10]. İkinci olarak, konsol uçlarında oluşan aşırı deformasyonlar ve sehim, hem yapısal hem de kullanıcı konforu açısından sorun yaratabilir [11]. Ayrıca, konsolların yükleri bina sistemine aktarma şekli, rijitlik dağılımını etkileyerek yumuşak kat oluşumu veya burulma gibi istenmeyen durumlara yol açabilir [12]. Malatya bölgesinde şehir merkezinde üst katlarda alan kazanmak için konsol kullanımına çok fazla rastlanmıştır. Ayrıca mimari tasarımlardan dolayı ve projesiz yapılan kaçak yapılarda kullanılan tip projelerden dolayı arsa problemi olmayan pek çok alanda gereksiz konsol kullanımına rastlanmıştır (Görsel 4).

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



Görsel 4. Gereksiz konsol kullanımı

2.5. Kalitesiz Malzeme

Düşük kaliteli beton kullanımı yapısal dayanıklılığı olumsuz etkiler. İnşaat malzemelerinin standartlara uygunluğu kontrol edilmeli ve yüksek kaliteli beton kullanılmalıdır. Beton dökümünde yapılan hatalar arasında uygun olmayan karışım oranları, yeterli süre karıştırmama, betonu yüksekten dökme, şantiyede su ekleme ve vibratör kullanmama sayılabilir. Bu hataların birleşimi betonun dayanıklılığını ve yapısal bütünlüğünü olumsuz etkileyebilir. Bu nedenle beton dökümü sırasında dikkatli ve doğru uygulamalar yapıların dayanıklılığı için çok önemlidir.
Yapılan incelemelerde beton kalitesinin düşük olduğu, vibratör kullanılmadığı, kalıp hataları ve işçilik hatalarının olduğu görülmüştür (Görsel 5).



Görsel 5. Kalitesiz malzeme

2.6. Kötü işçilik

Özellikle kalıp, beton ve donatı işçiliğinde özensiz davranıldığı tespit edilmiştir. Kalıpların doğru bağlanmadığı, segregasyonların sıklıkla görüldüğü, donatıların tam bağlanmadığı, etriye aralıklarının projeye uygun yapılmadığı görülmüştür. Kolonların akslarının kaydırıldığı birçok binada görülmüştür (Görsel 6).

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



Görsel 6. Aks ve kalıp hataları

2.5. Zemin ve temel problemleri

Deprem bölgesi olan Malatya'da zemin koşulları yüksek katlı yapıların inşası için uygun değildir. Bir yapının inşasından önce, uygun temel tipi ve boyutlarını belirlemek için zemin sınıflandırması ve zemin parametrelerini (taşıma kapasitesi vb.) içeren bir zemin araştırması yapılmalıdır. Ancak bulgular, zemin araştırmalarının yapılmadığını, yüksek katlı yapıların uygun olmayan zeminler üzerine inşa edildiğini ve temel tiplerinin ve boyutlarının uygun şekilde seçilmediğini göstermektedir. Görsel 7'da görülen zemin bir dere yatağıdır. Silt ve kum tabakaları açıkça görülmektedir. Ancak bu zemin raporlarda kaya olarak sınıflandırılmaktadır.



Görsel 7. Zemin problemleri

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

3. SONUÇLAR VE DEĞERLENDİRME

Türkiye'de yaklaşık her 10 yılda bir büyük deprem meydana gelmiştir. Bu depremlerin neden olduğu yıkım, binalarımızın yapısal bütünlüğünün yetersiz olması nedeniyle daha da artar. Örneğin, büyüklüğü 7 olan depremler daha büyük yıkıma neden olmuştur. 2018 tarihli Türk Bina Deprem Yönetmeliği, yapılar için gelişmiş bir standart getirmiştir. Binalar bu yönetmeliğe uysaydı, çöken yapıların sayısı daha az olurdu. Ancak, yerinde yapılan incelemeler yönetmeliklere uyulmadığını ortaya koymakta ve yapıların gerekli standartlara ve kaliteye göre inşa edilmediğini göstermektedir. Sorunlar arasında, sahaya özgü zemin araştırmalarının olmaması veya yanlış olması, zemin için temel tiplerinin uygunsuz seçilmesi, zeminin yük taşıma kapasitesini aşan bina inşaatı, deprem yönetmeliklerine uygun perde duvarların yetersiz kullanımı, yetersiz etriye aralıkları, düşük beton kalitesi, kötü işçilik ve binalarda tasarım hataları yer almaktadır.

.

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

KAYNAKÇA

1. **https://deprem.afad.gov.tr/content/137**
(Erişim tarihi: 28.12.2024)
2. **2023 Kahramanmaraş depremleri - Vikipedi (wikipedia.org)**
(Erişim tarihi: 28.12.2024)
3. Yanık, Y., Kamber Yılmaz, G., & Türker, T. . Betonarme Binalarda Hasar Tespiti ve Hasar Belirleme Yöntemleri. Journal of Investigations on Engineering and Technology, 1(2), 30-36, 2018
4. İnel, M. , Özmen, H. B. & Çaycı, B. T., Simav ve Van Depremleri, Yapı Hasar Nedenlerinin Değerlendirilmesi, Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, 19 (6), 256-265, 2013, 2011
5. Akbaş, Ayça, And Özlem Çalışkan, Deprem Etkisinde Hasar Alan Betonarme Yapıların Düzensizlik Türleri Yönü İle İncelenmesi, International Conference On Scientific And Academic Research. Vol. 1. 2023.
6. Şıkoğlu, E. & Güney, Y., 24 Ocak 2020 Sivrice (Elazığ) Depremi'nin Kent Merkezindeki Yansıması Üzerine Coğrafi Bir Değerlendirme, Resilience, 4 (2), 275-292, 2020.
7. Tony Holden, Jose Restrepo, and John B. Mander, Seismic Performance of Precast Reinforced and Prestressed Concrete Walls, Journal of Structural Engineering, Volume 129, Issue 3, Pages 277-424, March 2003.
8. Shuijing Xiao, Longhe Xu, Peng Feng, Post-earthquake performance and damage evaluation of self-centering shear wall with replaceable devices, Engineering Structures, Volume 289, 116248,ISSN 0141-0296, 2023.
9. Bayrak, M., & Can, S., Etriye donatısının betonarme elemanlardaki kesme dayanımına etkisi. İnşaat Teknolojisi ve Araştırmaları Dergisi, 15(3), 101-112, 2017.
10. Çelik, M., & Yılmaz, H., Konsol elemanların betonarme yapılardaki yapısal etkileri ve çözüm önerileri. Yapı Teknolojileri ve Araştırma Dergisi, 5(2), 121-135, 2019.
11. Aydın, H., & Demir, M., Uzun konsollarda deformasyon ve yapısal performans ilişkisi. Betonarme Tasarım Araştırmaları Dergisi, 8(1), 77-89, 2020.
12. Kara, H., & Akın, T., Konsol yapı elemanlarının rijitlik üzerindeki etkileri ve yapısal güvenlik. Deprem ve Yapı Mühendisliği Dergisi, 9(1), 34-48, 2021.
13. TBDY 2018, https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2018/03/20180318M1-2.htm
14. Türkmen, İ., Karakoç, M.B., Ayaz, Y., Sarıcı, T., *Malatya Earthquake Report and Action Plan Following the February 6, 2023 Earthquakes*. Malatya, 2023.

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

EFFECT OF GRAIN SIZE AND SALTWATER CURING ON INTERFACE SHEAR BEHAVIOR BETWEEN SOIL AND PVC GEOMEMBRANE

Assist. Prof. Dr. Inci DEVELIOGLU
Izmir Katip Celebi University,
inci.develioglu@ikcu.edu.tr - 0000-0002-8298-7106

Assoc. Prof. Dr. Hasan Firat PULAT
Izmir Katip Celebi University,
hfirat.pulat@ikcu.edu.tr - 0000-0002-8298-7106

ABSTRACT

In this study, the interface shear strength behavior between the different types of soils and PVC GM was investigated. Low plasticity clay (LC), crushed sand (CS), and crushed gravel (CG) were used to determine effect of the grain size on the interface shear behavior. The thicknesses of PVC GMs were 1.5 and 3.0 mm. Also, the GMs were kept 0.5 molar saltwater for 4 and 16 months to determine the saltwater effects in constructions built close to the coastline. The internal and interface shear strength parameters were obtained by using medium scale direct shear device (100 x 100 mm). The traditional shear strength parameters were obtained from soil – soil interface experiments and the interface parameters were obtained from soil – GM interface experiments. The direct shear tests were carried out under the normal stress values of 49, 98 and 196 kPa. The experimental test results showed that soils with larger particles have higher interface friction angles. The lowest difference between the friction angles of both interfaces is in low plasticity clay, while the highest difference is in crushed gravel. The critical conclusions to be drawn from this study are that there is a 26.6% reduction in the interface friction angle of the PVC GM used in the foundation, even after 16 months, in the structures built close to the coastline.

Keywords: Geomembrane, Interface Direct Shear Test, Saltwater Aging, Shear Strength

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

1. INTRODUCTION

Various auxiliary materials are utilized to enhance the engineering parameters of designs in civil engineering applications. Geomembranes (GMs), geotextiles (GTX), and geocomposites, types of geosynthetics made from different polymers, are commonly employed in geotechnical engineering (Ouria et al., 2021; Lopes and Lopes, 2021; Chen et al., 2021). GMs are a critical type of geosynthetic widely used for liquid insulation in fields such as geotechnical, hydraulic, environmental, and transportation engineering. They offer advantages like faster construction, easy availability, and cost-effectiveness (Ghavam-Nasiri et al., 2019; Cen et al., 2018). However, while GMs act as effective barriers against leakage and environmental factors, their interface with soil can become a potential shear failure surface. Additionally, high vertical stresses can cause ruptures or perforations in GM surfaces. To address these challenges and ensure safe designs, it is essential to understand the shear behavior at the GM-soil interface.

Numerous studies have examined the shear strength of GM-soil interfaces through extensive testing. Feng and Cheng (2014) conducted laboratory experiments to determine the shear strength parameters at GM-soil and GM-GTX interfaces. Tests were repeated under varying normal stresses using a 400 x 600 mm large-scale direct shear device with a shear rate of 1 mm/min. Nonwoven geotextiles (400 g/m²) and 1.5 mm thick textured high density polyethylene (HDPE) geomembranes were tested with silty sandy silty clay soil. For GM-GTX interfaces, three samples were tested in triplicate under normal stresses of 50, 100, and 200 kPa, while GM-soil interfaces were tested with five samples under normal stresses of 20, 50, 100, 200, and 300 kPa. Friction angles for GM-GTX interfaces were 19.8º, 18.07º, and 17.45º for the 1st, 2nd, and 3rd repetitions, respectively. For GM-soil interfaces, the friction angles were 10.67º, 9.07º, and 9.00º. The results indicated that maximum shear strength is achieved with higher strain during the first shear and significantly lower strain during subsequent tests.

Chai and Saito (2021) evaluated the shear strength of GM-clay interfaces using a large-scale direct shear device. Clay soil was mixed with 30% quartz and 70% bentonite. Tests involved PVC, polyethylene (PE), and HDPE GMs under normal stresses of 50, 80, and 100 kPa. Results showed that the clay-PVC interface exhibited maximum adhesion, while the friction angle between bentonite and GMs was low (3º–4º). The low friction angle was attributed to water accumulation at the interface during testing, reducing shear strength by approximately 55% compared to the soil.

Fleming et al. (2006) studied the interface shear behavior of unsaturated soil and smooth HDPE GMs using a modified direct shear tester with a pore pressure transducer. The GM was 1.5 mm thick, and soil types included silty sand, Ottawa sand, and an Ottawa sand–bentonite mixture. The study found that friction angles for silty sand and Ottawa sand were 31.8º–21.0º and 35.5º–14.1º, respectively. Higher interface friction angles occurred with greater dry density, while higher water content reduced friction angles due to scratch, slip, and plow effects at varying stress levels.

Effendi (2011) investigated the interface shear strength of various GMs (HDPE, very low linear density polyethylene [VLLDPE], and PVC) with Ottawa sand using a ring shear test under normal stresses ranging from 50 to 200 kPa. The efficiency ratio ($E = \tan\delta/\tan\phi$) was used for evaluation. HDPE, with its hard and smooth surface, had the lowest E values (34–45%), while softer VLLDPE surfaces achieved higher ratios (44–59%). PVC, with its relatively softer

surface, mobilized E values of 70–97% at stresses between 50 and 223 kPa. The study concluded that GM surface characteristics significantly influence interface shear strength under varying stress levels.

This study examined the interface friction angle between soil and GM using a medium-scale direct shear device. PVC GMs with thicknesses of 1.5 mm and 3.0 mm were tested. The soil types included low plasticity clay, crushed sand, and crushed gravel. Since the soil supply area is near the coastline, seawater infiltration into groundwater and increased salinity levels were considered. To simulate this, GMs were cured in 0.5M saltwater for 4 and 16 months. Geotechnical index parameters and internal friction angles (ϕ) of the soil were determined. Interface friction angles (δ) were measured for both uncured and saltwater-cured GMs with the soils.

2. MATERIALS AND METHODS

2.1. Materials

In this study, crushed sand low plasticity clay (LC: particle size range 10 mm – 0.001 mm) (CS: particle size range 2.0 mm – 0.075 mm), and crushed gravel (CG: particle size range 10.0 mm – 1.0 mm) were used for interface direct shear testing. These soils were selected due to their frequent use with GMs and to evaluate the effects of particle size on shear behavior. The grain size distributions of the three soils are presented in Figure 1, while their geotechnical index parameters are listed in Table 1. Additionally, Figure 2 provides an image illustrating the physical appearance of the soils.

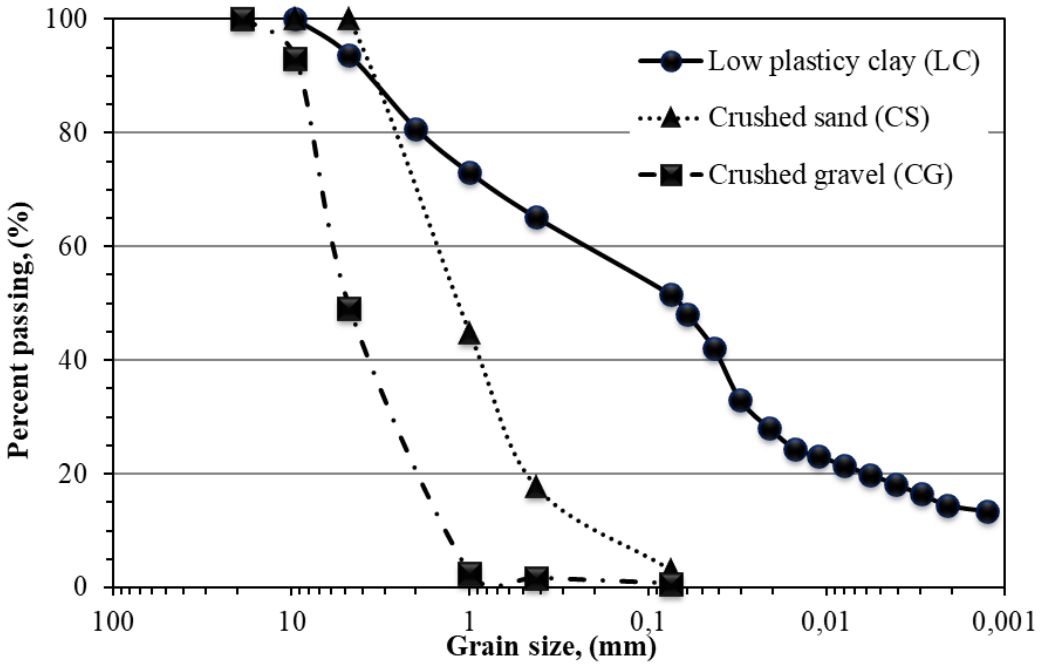


Figure 1. Grain Size Distributions of Soils

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

Table 1. Geotechnical Index Properties of Soils

Properties	Low plasticity clay (LC)	Crushed sand (CS)	Crushed gravel (CG)
USCS	CL	SW	GW
Specific gravity, G_s	2.60	2.68	2.56
Liquid limit, LL (%)	30.7	-	-
The plastic limit, PL (%)	21.1	NP	NP
Max. dry unit weight, $\gamma_{dry,max}$ (kN/m^3)	19.0	17.3	17.1
Opt. moisture content, w_{opt} (%)	1.3	11.2	6.5

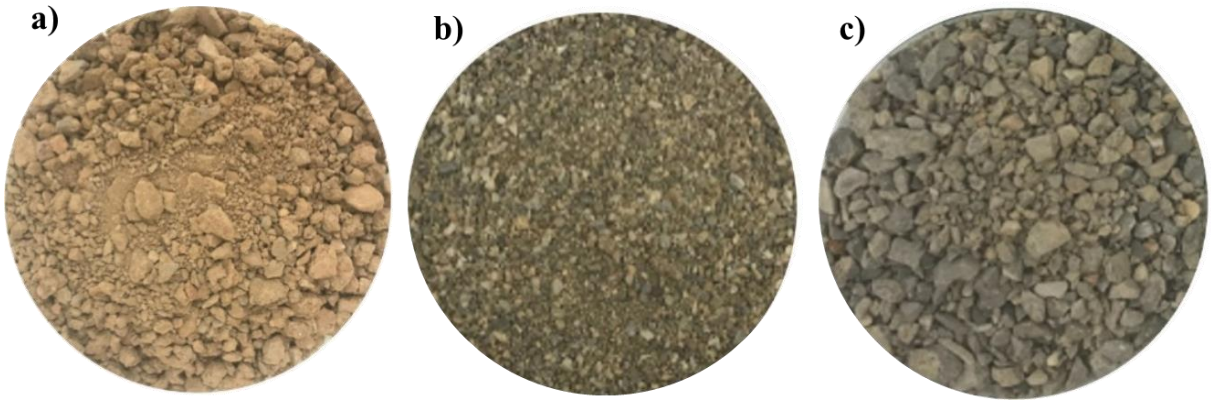


Figure 2. Physical Appearaances of Soils

In this study, PVC geomembranes (GMs) with thicknesses of 1.5 mm and 3.0 mm were used. PVC GMs are commonly utilized for bundling at foundation bases and for insulation on roofs. These geomembranes serve as protective layers made from synthetic materials, designed for both liquid and thermal insulation. PVC is a type of polymer manufactured from oil and salt in petrochemical plants. Its production involves blending PVC raw material with plasticizers, stabilizers (reinforcers), and various additives in a mixer, followed by processing through an extrusion system at appropriate temperatures to achieve a uniform shape. The key properties of the 1.5 mm and 3.0 mm PVC GMs used in this study are summarized in Table 2.

Table 2. The essential characteristics of PVC geomembranes

Essential characteristics	Unit	Value
Thickness	mm	1.5/3.0
Resistance to tear	N	150/250
Shear resistance of joints	N/5 cm	800/1000
Tensile strength	N/mm^2	15/15

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

Elongation at break	%	250/250
Water tightness	-	Fully/Fully
Artificial aging-water tightness	-	Fully/Fully
Chemical resistance-water tightness	-	Fully/Fully
Resistance to fire	-	Class E/ClassE
Resistance to impact	mm	700/1500
Resistance to static loads	kg	20/20

2.2. Methods

In the Phase I of the laboratory experiments, the internal friction angle of the soil was determined using a 100 x 100 mm direct shear box in accordance with the ASTM D3080 standard for conventional direct shear testing. In the literature, shear devices of these dimensions are referred to as medium-scale direct shear devices (Dadkhah et al., 2010; Sobol et al., 2015; Mohapatra et al., 2016; Zahran et al., 2020). The interface friction angles (δ) for the soil-GM interfaces were measured following ASTM D5321 guidelines, utilizing a medium-scale direct shear device. A schematic diagram illustrating the interface direct shear tests is presented in Figure 3.

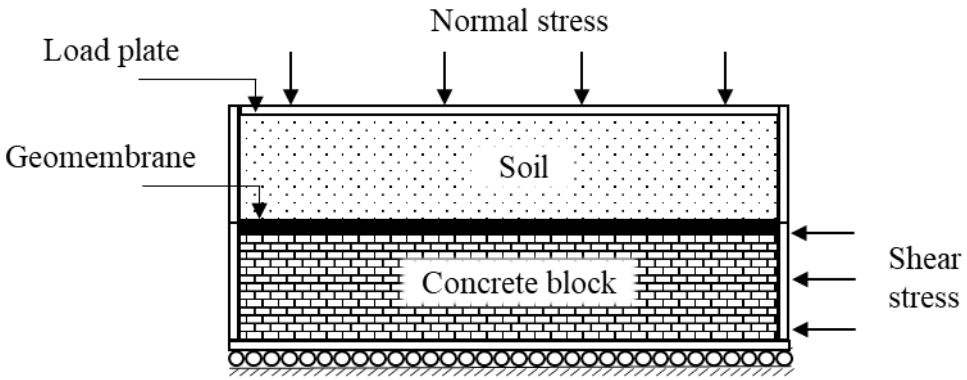


Figure 1. Test setup of soil – GM interface direct shear test

In the interface direct shear experiments, concrete blocks were produced with dimensions matching the lower part of the shear box, and a separate block was used for each sample. These rigid blocks were placed in the lower box to prevent settlement during the application of normal stress from above, ensuring the GM remained at the interface throughout the test. Additionally, for each experiment, the GM was positioned on the lower surface of the box during the shearing phase. This setup ensured that the GM, regardless of its thickness, was consistently located at the exact interface in all tests. Once the concrete block and GM were placed in the lower box, the soil was added to the upper box, as shown in Figure 4.

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

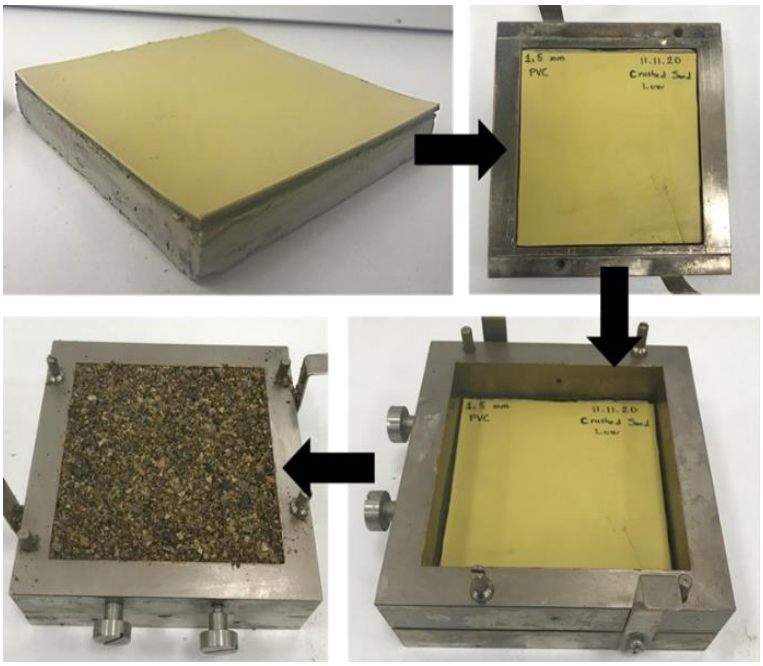


Figure 2. Interface direct shear tests sample preparation steps

Samples prepared at their optimum water content were compacted into the shear box at their maximum dry unit weight. To ensure 100% saturation during testing, the samples were submerged in water for approximately two hours before the experiments. After testing, the water content of the samples was measured, confirming that near-complete saturation had been achieved.

In Phase II of the direct shear experiments, GMs were not exposed to saltwater. In Phase III, GMs were immersed in 0.5M saltwater for durations of 4 and 16 months before being used in the direct shear tests. The medium-scale direct shear tests were conducted under normal stress levels of 49, 98, and 196 kPa. Due to the high permeability of the CS and CG, shear rate was selected as 0.5 mm/min. Due to the low permeability of the LC, shear rate was selected as 0.1 mm/min.

3. RESULTS AND DISCUSSION

3.1. Direct shear tests

To evaluate shear strength behavior, conventional direct shear tests (soil-soil interface) were conducted using three soil types (LC, CS, and CG) under normal stresses of 49, 98, and 196 kPa. The samples were prepared at their maximum dry unit weight and optimum moisture content. Internal friction angles were obtained as 34.9°, 28.5°, and 43.9°, respectively. Soils with larger and more angular particles exhibited higher internal friction angles. As noted in the literature, internal friction angle tends to increase with particle size since larger particles require greater frictional force to achieve sliding and subsequently transition to rolling at the critical peak (Vangla and Gali, 2016; Ghazizadeh and Bareither, 2021; Marcotte and Fleming, 2021).

3.2. Interface direct shear tests (no curing)

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

To investigate the influence of GM thickness and soil grain size on soil-GM interface shear behavior, interface direct shear tests were conducted. To ensure the reliability of the results, at least two tests were performed for each sample, and the average values were used for analysis. The shear stress-strain curves for all interfaces are presented in Figure 5. Among the tested interfaces, CG-3.0PVC exhibited the highest shear strength, while LC-1.5PVC was the lowest. These results suggest that coarse, angular soils are better suited for thicker GMs.

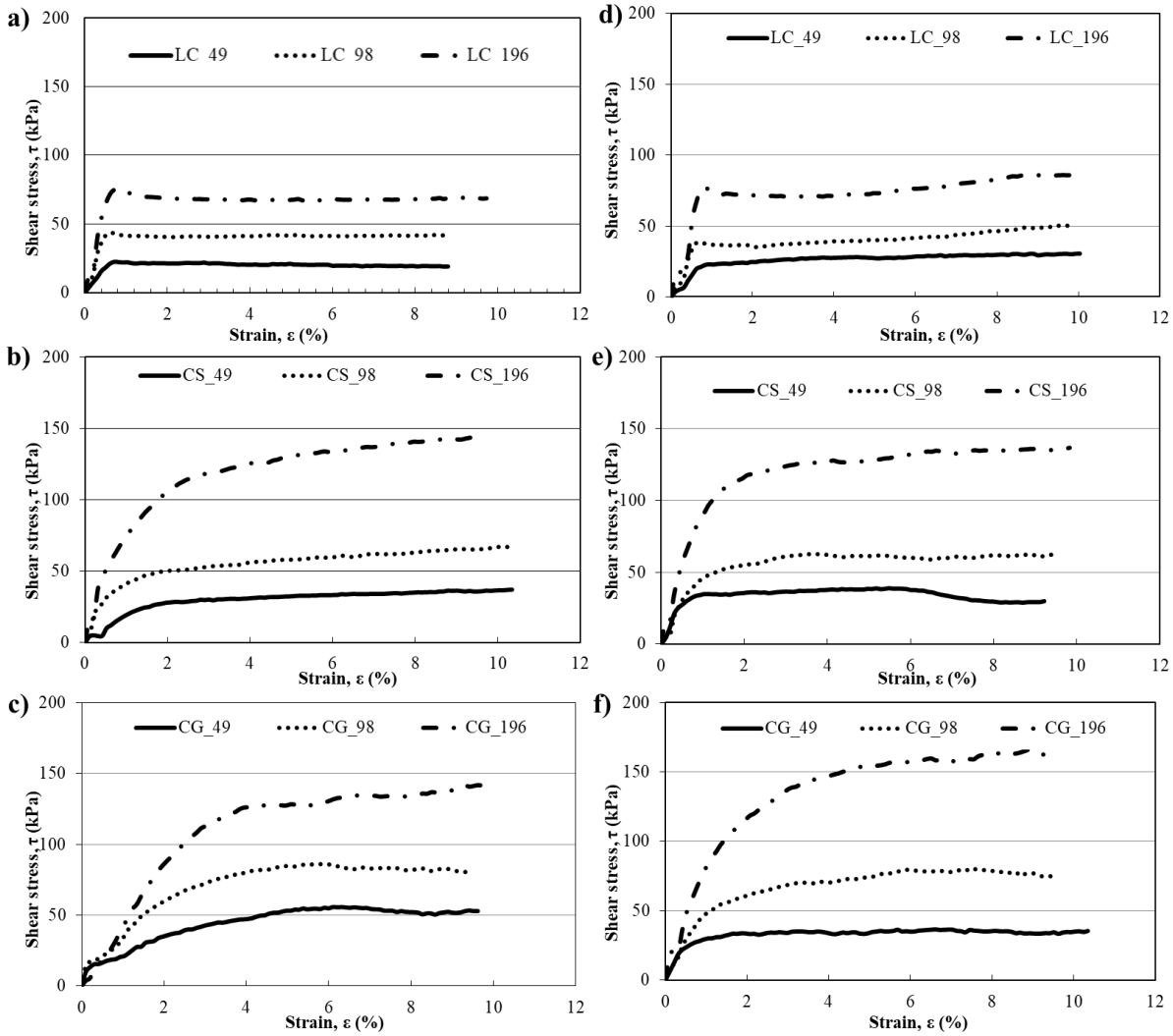


Figure 3. Shear stress – strain curves of a) LC-1.5PVC, b) CS-1.5PVC, c) CG-1.5PVC, d) LC-3.0PVC, e) CS-3.0PVC, f) CG-3.0PVC for no curing

The interface and internal friction angles of uncured samples are shown in Figure 6. For all soil types, the internal friction angle is the highest, while the interface friction angle for 1.5 mm PVC is the lowest. Larger particles require greater frictional force to achieve shear conditions and initiate rolling after unlocking (Vangla and Gali, 2016). Regarding angularity, soils with high angularity (CS and CG) exhibit higher interface friction angles compared to round-grained soils like LC. CS and CG have less spherical, less rounded, and more irregular particles than LC. These angular particles can easily plow through and create deeper grooves, resulting in

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

higher interface friction angles (Frost et al., 2012; Vangla and Gali, 2016; Adamska, 2018; Cen et al., 2018; Zettler et al., 2000).

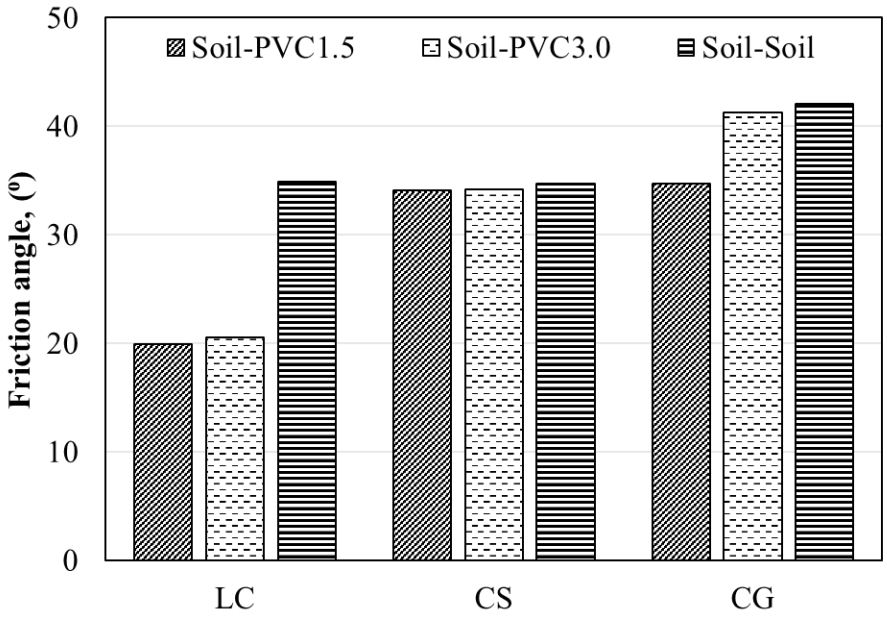


Figure 4. The internal and interface friction angles of no curing samples

3.3. Interface direct shear tests (4 and 16 months saltwater curing)

To investigate the effects of saltwater on the shear strength parameters of geomembranes in coastal areas, geomembranes were immersed in 0.5 molar saltwater for 4 and 16 months. The interface friction angles of samples cured in saltwater for 4 and 16 months are shown in Figure 7. An overall trend of decreasing interface friction angles with increasing curing time was observed. When comparing uncured samples with those cured for 16 months, the reductions in interface friction angles for 1.5 mm PVC were 26.6%, 6.2%, and 5.8%, respectively. For 3.0 mm PVC, the reductions were 11.7%, 6.1%, and 8.9%, respectively. Additionally, it was noted that the thicker geomembrane (GM) was less adversely affected by saltwater exposure. Exposure to chemicals, including saltwater, initiates oxidative degradation in GMs. Viebke et al. (1994) and Hsuan and Koerner (1998) described oxidative degradation as a three-stage process: (1) an initial stage with no significant changes in engineering properties, (2) a stage where oxidative degradation begins as antioxidants are depleted, and (3) a final stage where physical and mechanical properties deteriorate significantly.

Rowe and Rimal (2008) studied various types of GMs exposed to saltwater for 36 months and reported a decrease in oxidative induction time (OIT) of approximately 16% after 4 months and 24% after 16 months. Mills et al. (2019) conducted experiments with HDPE GMs immersed in saltwater at an elevated temperature of 90°C, finding OIT reductions of about 48% at 4 months and 76% at 16 months. The reduction in interface friction angles observed in this study for saltwater-cured samples can be attributed to oxidative degradation potentially occurring in the GMs during exposure.

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

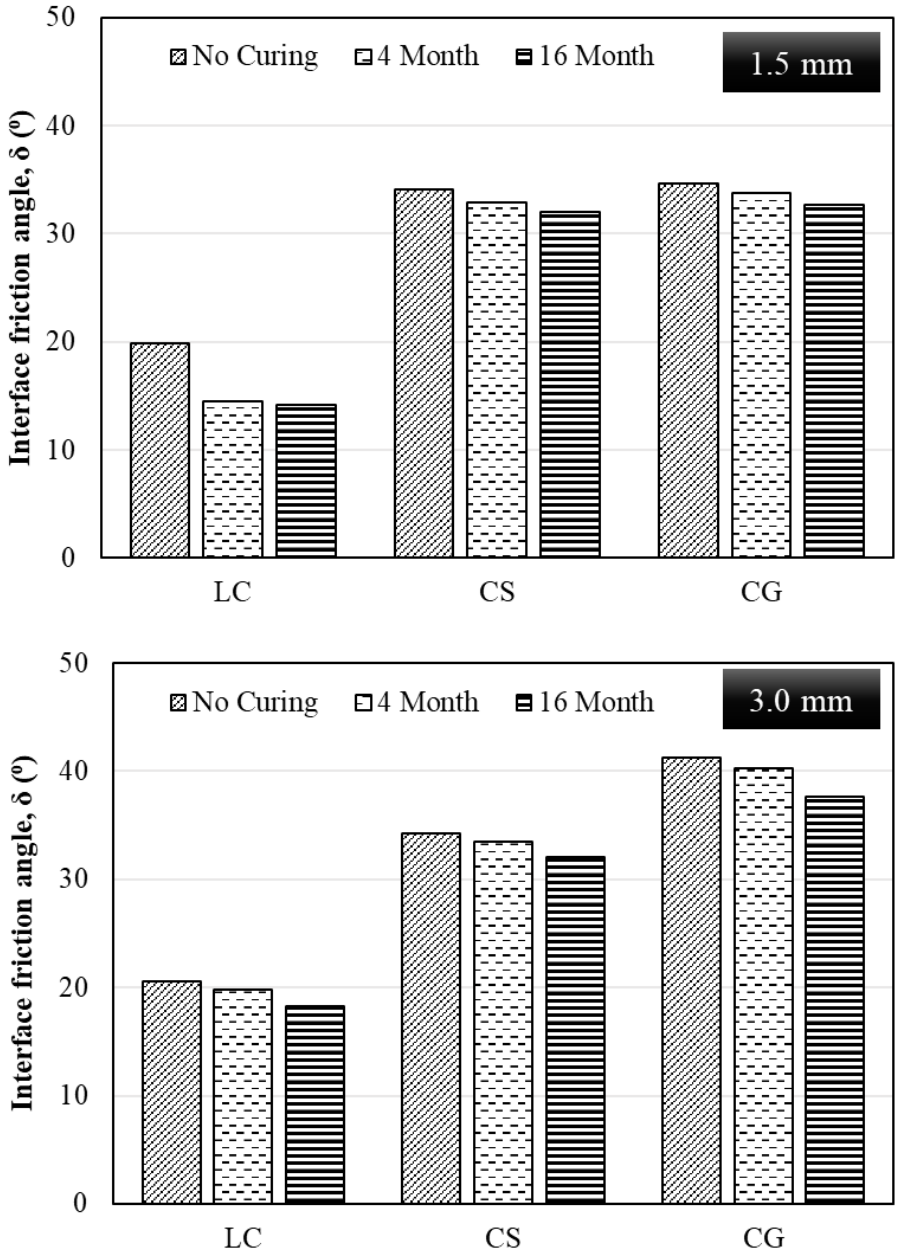


Figure 7. The interface friction angles of 4 and 16 months saltwater curing samples

4. CONCLUSION

For uncured samples:

- Crushed gravel exhibited the highest interface friction angle, while low plasticity clay showed the lowest.
- In other words, angular and coarser grains tend to have higher interface friction angles.
- For all soil types, the internal friction angle was greater than the interface friction angle.

For saltwater-cured samples:

- Saltwater curing caused a linear decrease in the interface friction angle over time.

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

Concluding remarks:

- This study suggests that crushed gravel, which demonstrated the best compatibility with PVC GM for insulation purposes, is recommended for use in building foundations and slopes.
- Additionally, using 3.0 mm PVC GM in combination with crushed gravel is advisable for soils containing salt in the groundwater.

.

REFERENCES

1. Adamska, K. Z. *Water content – density criteria for determining geomembrane – fly ash interface shear strength.* MATEC Web of Conferences, 262, 1 – 8, 2018.
2. ASTM (American Society for Testing and Materials). Standard Test Method for Direct Shear Test of Soils Under Consolidated Drained Conditions. ASTM D 3080/3080M – 11. West Conshohocken, PA: ASTM, 2011.
3. ASTM (American Society for Testing and Materials). Standard Test Method for Determining the Shear Strength of Soil – Geosynthetic and Geosynthetic – Geosynthetic Interfaces by Direct Shear. ASTM D 5321/5321M – 20. West Conshohocken, PA: ASTM, 2020.
4. Cen, W. J., Wang, H., and Fe, Y. J. Laboratory investigation of shear behavior of high – density polyethylene geomembrane interfaces. Polymers, 10, 1 – 14, 2018.
5. Chai, J. C., and Saito, A. Interface shear strengths between geosynthetics and clayey soils. International Journal of Geosynthetics and Ground Engineering, 2 (19), 3 – 9, 2016.
6. Chen, W., Xu, T., and Zhou, W. Microanalysis of smooth Geomembrane–Sand interface using FDM–DEM coupling simulation. Geotextiles and Geomembranes, 49, 276 – 288, 2021.
7. Dadkhah, R., Ghafoori, M., Ajalloeian, R., and Lashkaripour, G. R. The effect of scale direct shear test on the strength parameters of clayey sand in Isfahan City, Iran. Journal of Applied Sciences, 10 (18), 2027 – 2033, 2010.
8. Effendi, R. Interface friction of smooth geomembranes and Ottawa sand. Info Teknik, 12 (1), 61 – 72, 2011.
9. Feng, S.J. and Cheng, D. *Shear strength between soil/geomembrane and geotextile/geomembrane interfaces*. Tunneling and Underground Construction, Shanghai, China, 26 – 28 May, pp. 558 – 569, 2014.
10. Fleming, I. R., Sharma, J. S., and Jogi, M. B. 2006. Shear strength of geomembrane-soil interface under unsaturated conditions. Geotextiles and Geomembranes, 24, 274 – 284, 2006.
11. Frost, J. D., Kim, D., and Lee, S. W. Microscale geomembrane-granular material interactions. KSCE Journal of Civil Engineering, 16 (1), 79 – 92, 2012.
12. Ghavam-Nasiri, A., El-Zein, A., Airey, D., and Rowe, K. Water retention of geosynthetics clay liners: Dependence on void ratio and temperature. Geotextiles and Geomembranes, 47(2), 255 – 268, 2019.
13. Ghazizadeh, S., and Bareither, C. A. Failure mechanism of geosynthetics clay liner and textured geomembrane composite systems. Geotextiles and Geomembranes, 49, 789 – 803, 2021.
14. Hsuan, Y., and Koerner, R. Antioxidant depletion lifetime in high density polyethylene geomembranes. Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering, 124(6), 532 – 541, 1998.

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

15. Marcotte, B. A., and Fleming, I. R. Direct measurement of geomembrane strain from aggregate indentations. Geosynthetics International, 0 (0), 1 – 54, 2021.
16. Mills, A., Fraser, B., and Beaumier, D. *Long-term Performance of HDPE Geomembranes Exposed to a High Temperature Brine Solu*tion. Geosynthetic 2019, Houston, Texas, 10 – 13 February 2019.
17. Mohapatra, S. R., Mishra, S. R., Nithin, S., and Rajagobal, K. *Effect of Box Size on Dilative Behaviour of Sand in Direct Shear Test*. Indian Geotechnical Conference, 16, 111 – 118, Chennai, India, 2016.
18. Ouria, A., Karamzadegan, S., and Emami, S. Interface properties of a cement coated geocomposite. Construction and Building Materials, 266(B), 2021.
19. Pinho-Lopes, M., and Lopes, M. L. Soil-geosynthetic interaction in inclined-plane shear and geosynthetic short-term tensile response – Influence of installation damage. Construction and Building Materials, 274, 2021.
20. Rowe, R. K. and Rimal, S. Aging of HDPE Geomembrane in Three Composite Landfill Liner Configurations. Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering, 134(7), 906 – 91, 2008.
21. Sobol, E., Sas, W., and Szymanski, A. Scale effect in direct shear tests on recycled concrete aggregate. Studia Geotechnica et Mechanica, 37 (2), 45 – 49, 2015.
22. Vangla, P., and Gali, M. L. Shear behavior of sand – smooth geomembrane interfaces through micro – topographical analysis. Geotextiles and Geomembranes, 44, 592 – 603, 2016.
23. Viebke, J., Elble, E., Ifwarson, M., and Gedde, U. W. Degradation of unstabilized medium-density polyethylene pipes in hot-water applications. Polymer Engineering & Science, 34(17), 1354 – 1361, 1994.
24. Zahran, K., and El Naggar, H. Effect of Sample Size on TDA Shear Strength Parameters in Direct Shear Tests. Transportation Research Record, 2674 (9), 1110 – 1119, 2020.
25. Zettler, T. E., Frost, J. D., and DeJong, J. T. Shear-induced changes in smooth HDPE geomembrane surface topography. Geosynthetics International, 7(3), 243 – 267, 2000.

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

OPTIMIZATION OF PILED RAFT FOUNDATIONS WITH SUPERSTRUCTURE INTERACTION

Civil Eng., Damla KILIÇ
Sakarya University, Engineering Faculty, Civil Engineering Department
damlaakilic@gmail.com- ORCID ID: 0000-0001-8901-8853

Prof. Dr., MSc., Civil Eng., Sedat SERT
Sakarya University, Engineering Faculty, Civil Engineering Department
sert@sakarya.edu.tr - ORCID ID: 0000-0002-4114-6132

Research Assistant, MSc., Civil Eng., Eylem ARSLAN
Sakarya University, Engineering Faculty, Civil Engineering Department
eylemarslan@sakarya.edu.tr - ORCID ID: 0000-0002-9053-1061

ABSTRACT

Piled raft foundation systems are designed primarily to mitigate settlements rather than to enhance bearing capacity. This approach is suitable for soils without bearing capacity or liquefaction issues, where the structural load is shared between the piles and the raft foundation. In geotechnical modeling, structural loads are often represented as uniformly distributed loads to save time and simplify solutions; however, this method inaccurately reflects the settlement behavior of the foundation. With advancements in computational technology, accurate and efficient modeling of superstructure-foundation-pile-soil interactions has become feasible, enabling more economical and realistic designs. In this study, a piled raft foundation system supporting a hypothetical 30-story building was modeled using PLAXIS 3D software. Initially, a uniform distributed load of 400 kPa was applied to the raft foundation, resulting in a total settlement of 143 mm. Subsequently, the superstructure was modeled in three dimensions, reducing the maximum settlement to 109 mm. Different pile spacing configurations were analyzed, yielding maximum settlements ranging from 39 mm to 64 mm. The results demonstrated that incorporating the superstructure into the model provides more accurate settlement predictions and that overly dense pile arrangements are unnecessary. Additionally, the use of piles beneath the raft foundation significantly reduced bending moments by more than 50%. This study concludes that piled raft foundation systems can provide more economical and optimal solutions compared to conventional piled foundations, highlighting the importance of superstructure interaction in achieving efficient and realistic designs.

Keywords: Clay, Settlement, Piled Raft Foundation, Optimized solution, Soil Pile Structure Interaction.

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

1. INTRODUCTION

Piled raft foundations are an innovative foundation system that combines piles and a raft to optimize load distribution and settlement control. They are primarily used to minimize settlement by relying on piles for most of the stiffness under serviceability loads, while the raft contributes additional load-bearing capacity at ultimate loads. In these systems, the load is shared between the raft and the piles, unlike traditional pile foundations. This design allows for a reduction in the number of piles required, as the raft provides redundancy and facilitates load redistribution. These systems are particularly advantageous in situations where some piles may be defective or encounter variable subsoil conditions, such as karstic formations, thereby enhancing overall foundation performance and reliability (Poulos et al., 2011). An additional characteristic of piled raft foundations, often overlooked, is the ability of the raft to exert pressure on the soil, which in turn enhances the lateral stress between the soil and the piles beneath. This interaction can lead to an increase in the ultimate load capacity of the piles compared to when they are used independently without the raft's influence (Katzenbach et al., 1998). Piled raft foundations can be implemented in dense sand and stiff clay soils (Das, B. M., & Sivakugan, N., 2018). Poulos (2001) analyzed various simplified soil profiles and identified that relatively stiff clays and dense sands are particularly favorable conditions. These foundations fail to perform their intended function in loose sand, soft clay, or expansive soils.

In the piled raft foundation system, where the raft has sufficient bearing capacity, the primary purpose of the piles is to control or minimize average and differential displacements rather than bearing the majority of the load, making the optimal design of the piles a critical consideration (Prakoso and Kulhawy, 2001). Therefore, significant efforts have been devoted to developing models for piled rafts, leading to numerous parametric studies that examine the effects of system geometry and soil conditions on the performance of piled rafts. Among these methods, programs capable of performing numerical analyses using the finite element method are frequently preferred (Ali et al., 2023; Malviya et al., 2023; Tarenia et al., 2024; Singh et al., 2024).

In geotechnical engineering, methods utilizing the Finite Element Method (FEM) are widely used due to their ability to model complex soil-structure interactions and provide detailed insights into the behavior of foundations under various loading conditions. The main advantages of FEM include its flexibility in handling irregular geometries, ability to account for nonlinear material behavior, and capacity to model different types of loads and boundary conditions. In these methods, the analysis is carried out by discretizing the problem domain into smaller elements, solving the governing equations for each element, and then combining the results to predict the overall behavior of the structure. Plaxis 3D is one such program that employs FEM to simulate the behavior of geotechnical systems (Arslan et al., 2024). It offers advanced capabilities for modeling soil-structure interactions, enabling engineers to analyze and design foundations, slopes, tunnels, and other geotechnical structures. Plaxis 3D can also reflect parametric variations in piled raft foundation analyses, allowing for the study of different soil conditions, pile configurations, and loading scenarios, making it a valuable tool for geotechnical engineers.

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

In this study, a piled raft foundation system supporting a hypothetical 30-story building was modeled using PLAXIS 3D software to investigate settlement behavior and the influence of pile configurations. Initially, a uniformly distributed load of 400 kPa was applied to the raft foundation. The model was then expanded to include the superstructure in three dimensions. Various pile spacing configurations were analyzed to offer a more economical and optimal solution for piled raft foundation design.

2. MATERIALS AND METHODS

In this study, a piled raft foundation design with superstructure interaction was performed. A hypothetical building model was created for the analysis using the Finite Element Method. The soil model chosen for this study is based on the soil conditions of Frankfurt, which are consistent with the load-sharing principle of piled raft foundations and are characterized by stiff clays. Frankfurt is known for its skyline, with numerous high-rise buildings. Piled raft foundations are frequently used for multi-story buildings constructed on Frankfurt's clayey soils. The heights of the buildings constructed on foundations to reduce settlement in the city exceed 250 meters (Arslan, U., Quick, H., Moormann, C., & Reul, O., 1999). While creating the hypothetical building model, multi-story buildings in Frankfurt were considered. Details of the hypothetical building model are provided in Section 2.3.

In the first phase of the study, both the foundation and superstructure were modeled together using PLAXIS 3D software for analysis. Based on the results obtained, the analysis was repeated by transferring the superstructure load to the raft foundation as a uniformly distributed load, in order to compare the raft foundation behavior. Displacements and moment values on the foundation were compared between both analyses.

In the next phase of the study, to demonstrate the settlement-reducing effect of piled raft foundations and highlight the advantages over traditional piled foundation design, finite element analyses were conducted with superstructure interaction, and pile optimization was performed. In the superstructure-interactive model, the effect of varying pile spacing on the raft foundation was investigated, keeping parameters such as foundation thickness, pile diameter, and pile length constant. In the analysis model, a pile diameter of 1.0 meter, pile length of 20.0 meters, and raft foundation thickness of 1.0 meter were used. The piles added to the raft were distributed homogeneously, with pile spacings of 2, 2.5, 3, 3.5, 4, 4.5, and 5 meters. The number of piles in the modeled configurations was 45, 50, 72, 91, 120, 162, and 262, respectively. In addition to the settlement-reducing effect of the piles, the relationship between increasing pile numbers and the displacements in the raft foundation was also examined.

For more accurate data, a volume was defined in the analysis where the foundation dimensions were three times the size in the x and y directions, and 40 meters in the z direction. More elements were defined in the software for the finite element nodes created within this volume. The mesh size created within this volume was 16 times finer than the mesh size outside this volume.

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

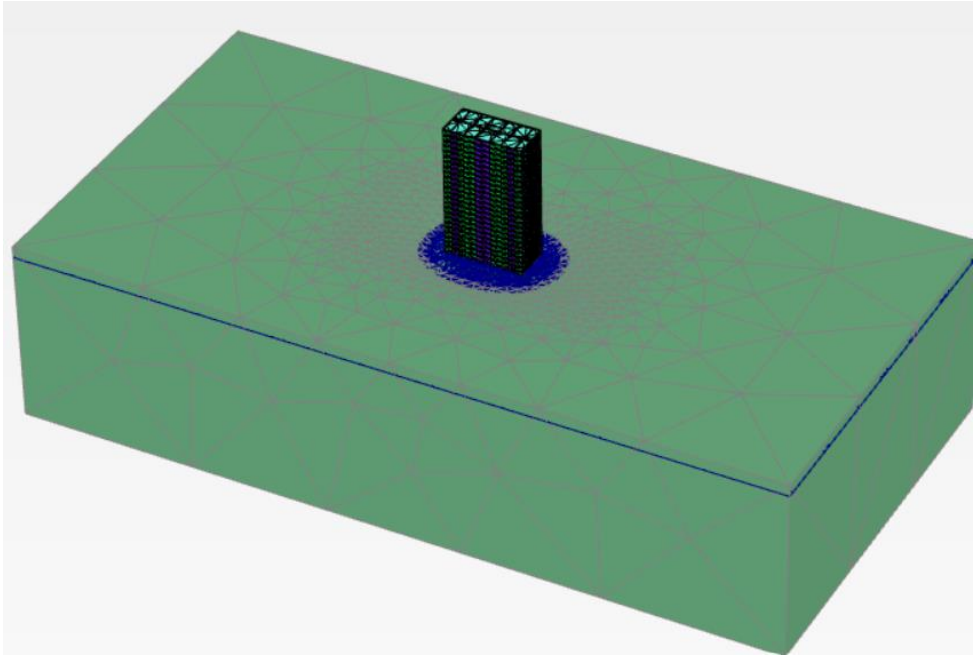


Figure 5. Finite element mesh

During the analysis phases, the first step involved defining the natural state of the soil. In the initial phase, excavation for the foundation and the construction of the foundation and basement walls were performed. In the final phase, the building was modeled. To compare the results of analyses with different pile spacings and loadings, nine different node points (A, B, C, D, E, F, G, H, and I) were selected on the raft foundation. The locations of these points on the foundation are shown in **Figure 6**.

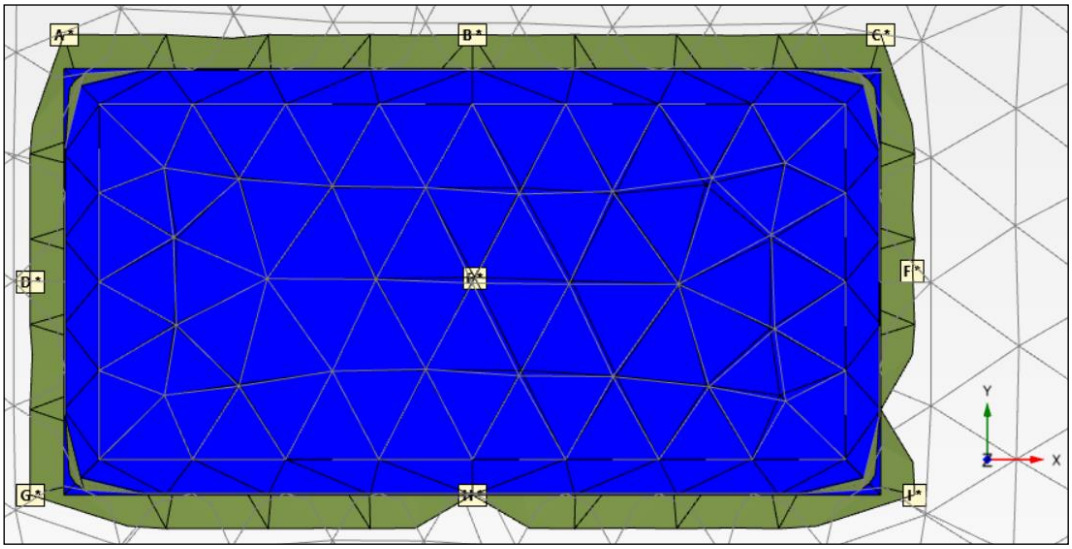


Figure 6. The selected nodes on foundation

In this study, the soil model used is the Hardening Soil Model, and the reinforced concrete piles are modeled as embedded beams. The columns, beams, slabs, walls, and foundation elements of the superstructure are modeled as plates.

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

2.1. Soil Properties

In this study, the soil parameters for Frankfurt clay, composed of over-consolidated clays, were used. According to the soil investigation studies conducted by O. Reul and F. Randolph (2003) for the Westend 1 and Messeturm Buildings, the groundwater level in the region is located approximately 4.5 to 7.0 meters below the surface. In this study, the groundwater level was modeled to be approximately 6 meters below the surface, and the parameters for the soil modeled as Hardening Soil were taken from El-Mossallamy YM (2004) and are provided in **Table 1**.

Table 1. Soil parameters in numeric model

Identification number			**1**
Identification	Name	Unit	Frankfurt Clay
Soil model	Model	-	Hardening Soil
Drainage type	Type	-	Drained
Unsaturated unit weight	γ_{unsat}	kN/m³	20.00
Saturated unit weight	γ_{sat}	kN/m³	20.00
Void ratio	e_{init}		0.50
Secant stiffness	E_{50}^{ref}	kN/m²	4.50E+04
Tangent stiffness	E_{oed}^{ref}	kN/m²	4.50E+04
Unloading/reloading stiffness	E_{ur}^{ref}	kN/m²	9.00E+04
Poisson's ratio	ν_{ur}	-	0.30
Power for stress-level dependency of stiffness	power (m)	-	0.50
Reference pressure	p_{ref}	kN/m²	100.00
Cohesion	c'_{ref}	kN/m²	20.00
Friction angle	φ' (phi)	°	20.00
Dilatancy angle	ψ (psi)	°	0
Cohesion increment	c'_{inc}	kN/m²/m	0
Reference level	z_{ref}	m	0
K0-value for normal consolidation	K_0^{nc}	-	0.658
Friction ratio	R_f	-	0.90
Interface strength reduction factor	R_{inter}	-	1.00
Lateral earth pressure coefficient	$K_{0,x}$	-	0.8
Lateral earth pressure coefficient	$K_{0,y}$	-	0.8
Overconsolidation ratio	OCR	-	1.50

2.2. Structural Properties

The superstructure model used in this study was hypothetically created based on high-rise buildings located in Frankfurt. The details of the created structure are provided in **Table 2**.

Table 2. Structural properties

STRUCTURAL PROPERTIES		
Max height (m)	87	m
Storey	29	storey
Number of basement	1	basement
Area of the foundation (m^2)	1104.0	m^2
Elevation of the foundation (m)	-3.0	m
Thickness of the foundation (m)	1.0	m
Slenderness of the building (H/B)	3.625	
Total load acting on the foundation (G+P) (MN)	446.35	MN
Stress of the foundation (kPa)	404.31	kPa

The thickness of the shear walls in the structure is 50 cm, while the slab and wall thicknesses are modeled as 30 cm. The beam sections in the structure are 50 cm x 70 cm. In the PLAXIS 3D software, the structural elements are modeled as plates, and the pile elements are modeled as embedded beams. The parameters used for the structure are provided in **Table 3**.

Table 3. Structural parameters

Identification number		**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**
Identification	Unit	Raft	Basement Wall	Column	Beam	Slab	Wall
Material type	-	Elastic	Elastic	Elastic	Elastic	Elastic	Elastic
γ	kN/m^3	5	25	25	25	25	10
E_1	kN/m^2	3.00E+07	3.00E+07	3.00E+07	3.00E+07	3.00E+07	2.00E+07
E_2	kN/m^2	3.00E+07	3.00E+07	3.00E+07	3.00E+07	3.00E+07	2.00E+07
ν_{12}	-	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25
d	m	1	0.3	0.5	0.5	0.3	0.3
G_{12}	kN/m^2	1.20E+07	1.20E+07	1.20E+07	1.20E+07	1.20E+07	8.00E+06

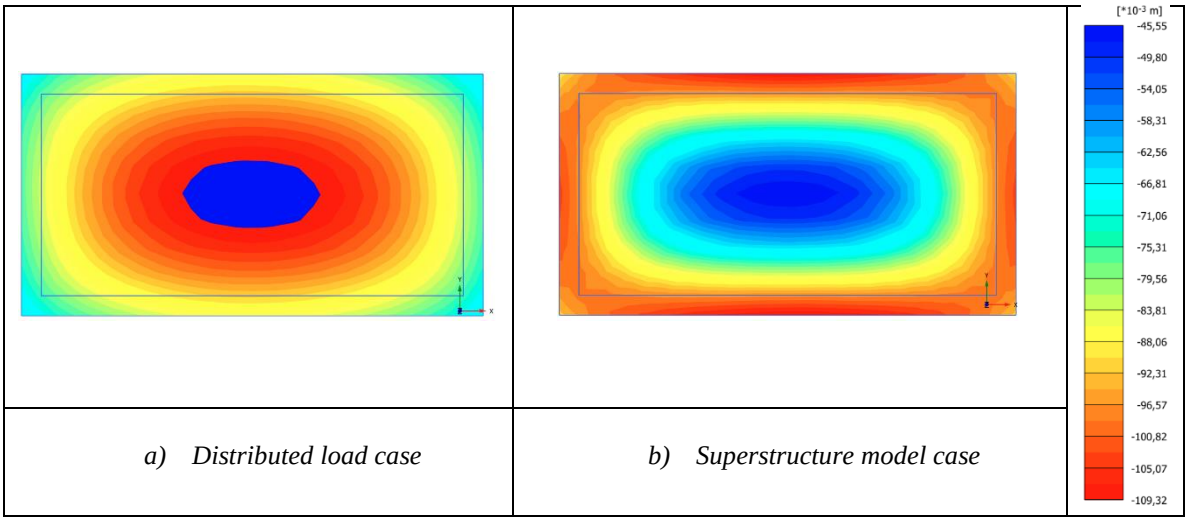
Identification number		**1**
Identification	Unit	Pile
Material type	-	Elastic
γ	kN/m^3	5
Cross section type	-	Predefined
Predefined cross section type	-	Solid circular beam
Diameter	m	1
Area	m^2	0.7854
I_2	m^4	0.04909
I_3	m^4	0.04909
E	kN/m^2	3.00E+07
Axial skin resistance	-	Layer dependent
T_{max}	kN/m	1.00E+12
F_{max}	kN	1400

3. RESULTS AND DISCUSSION

In PLAXIS 3D software, the construction stages are defined in three steps. The first stage represents the natural state of the soil before any loading is applied. The second stage corresponds to the situation where the foundation excavation is completed, and the foundation, piles, and basement shear walls have been constructed. In the final stage, the superstructure load is applied to the foundation. The structural load is transferred to the foundation in two ways: as a uniformly distributed load and the superstructure itself.

3.1. Effect of the Loading Conditions

To observe the effect of the superstructure on the raft foundation, a hypothetical superstructure model was created in PLAXIS 3D, and the loads from the structural elements were directly applied to the foundation for analysis. Additionally, the superstructure load was applied to the raft foundation as a uniformly distributed load. As a result of the analyses, the displacements occurring in the raft foundation are shown in **Figure 7**. Prior to the analysis, displacement values were recorded from sections taken at selected points on the foundation and presented graphically in **Figure 8** for both analyses. The moments on the raft foundation modeled as a plate are summarized in **Table 4**. When examining the displacements on the raft foundation, it was observed that the displacements in the case where the superstructure was modeled were concentrated at the edges of the foundation. In the distributed load model, on the other hand, it was found that the displacements were greater in the central part of the raft foundation. Looking at the structural model, it was observed that the loads transferred to the foundation were higher at the edges. It was concluded that the model where the structural load is directly applied to the foundation is more realistic.



a) Distributed load case *b) Superstructure model case*

Figure 7. Displacements on the raft foundation under different loading conditions

Table 4. Moments in raft foundation under different loading conditions

ANALYSIS	RESULTS			
	Max. Settlement (mm)	M_{11} (kNm/m)	M_{22} (kNm/m)	M_{12} (kNm/m)
Distributed load case	143.6	-1514.0	-1729.0	-576.9

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

Superstructure model	109.3	-2622.0	3884.0	1660.0

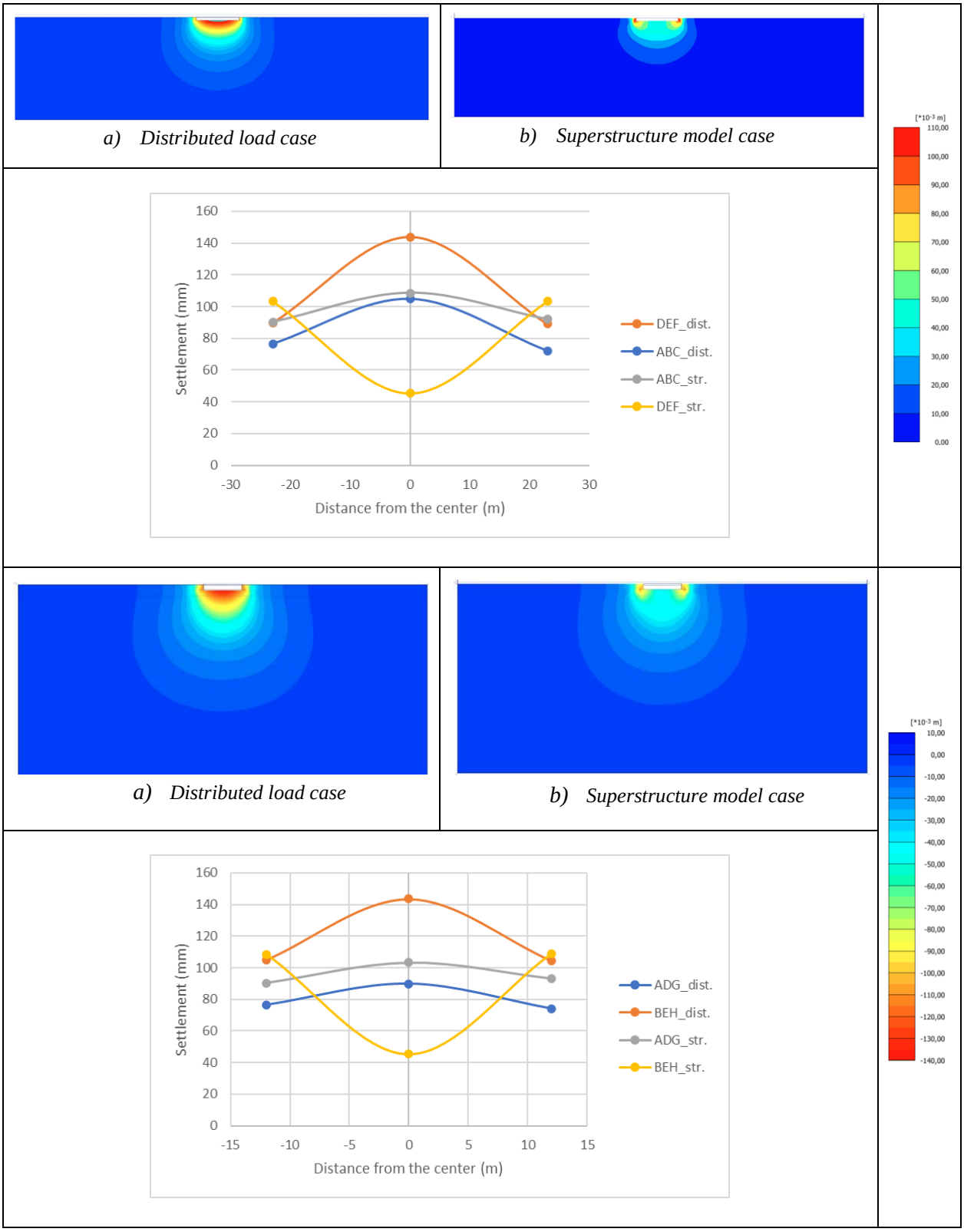


Figure 8. Graphical representation of displacements in raft foundation under different load conditions

3.2. Optimization of the Piled Raft Foundation

At this stage of the study, the optimization of piled raft foundations in the superstructure-interactive model was investigated. The pile lengths and diameters were kept constant, and the effect of varying pile spacing on raft foundation behavior was examined.

An optimization study was conducted for piled raft foundations in the superstructure-interactive model by keeping the raft thickness, pile diameter, and pile length constant while modifying the pile layout. In each case, the pile arrangement was designed with equal spacing along the x and y axes. The analyses were performed for pile spacings of 2.0 m x 2.0 m, 2.5 m x 2.5 m, 3.0 m x 3.0 m, 3.5 m x 3.5 m, 4.0 m x 4.0 m, 4.5 m x 4.5 m, and 5.0 m x 5.0 m.

The impact of pile layout on settlements in the raft foundation was evaluated based on the analysis results. The relationship between the changes in pile spacing (S/D) and the displacements occurring in the foundation is illustrated in **Figure 9** and **Figure 10**. The relationship between the increase in spacing between piles and the moments occurring in the raft foundation is provided in **Table 5**.

Table 5. Effect of pile spacing on moments in raft foundation

ANALYSIS	RESULTS				
	Number of Pile	Max. Settlement (mm)	M_{11} (kNm/m)	M_{22} (kNm/m)	M_{12} (kNm/m)
Superstructure model	-	109.3	-2622	3884	1660
Spacing 5.0 x 5.0	45	62.59	-2106	2393	1317
Spacing 4.5 x 4.5	50	64.24	-2553	2395	1468
Spacing 4.0 x 4.0	72	46.82	-2484	1577	-890.6
Spacing 3.5 x 3.5	91	41.35	1070	-1708	752.3
Spacing 3.0 x 3.0	120	37.72	-1047	-1556	672.4
Spacing 2.5 x 2.5	162	38.69	-1146	-987.2	-655.1
Spacing 2.0 x 2.0	242	38.39	-713.5	808.7	587.6

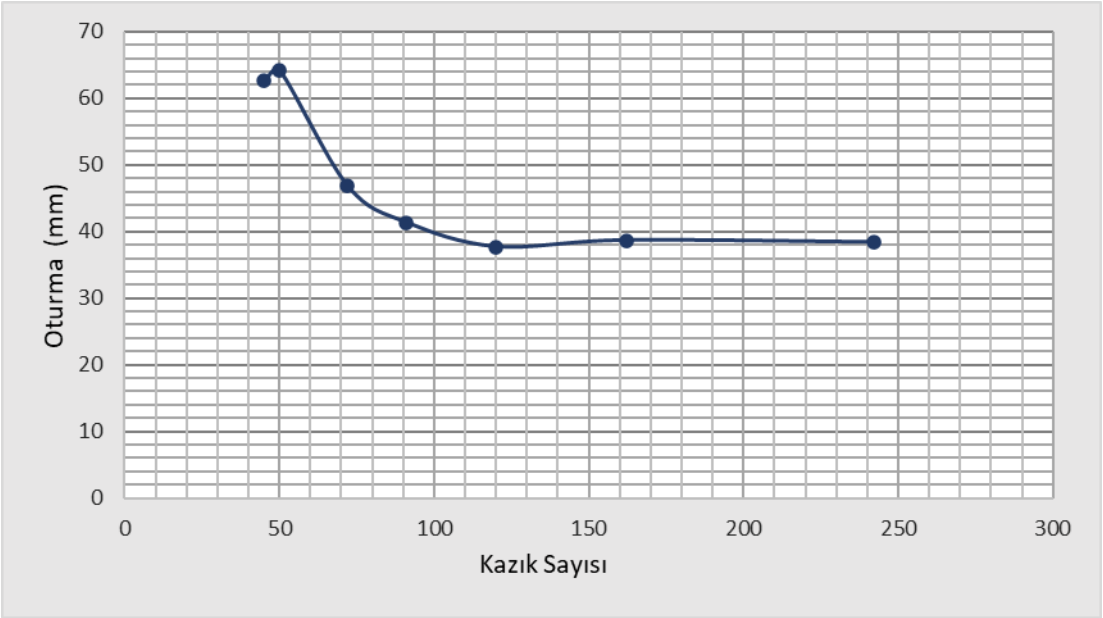


Figure 9. Effect of the number of the piles for settlement

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

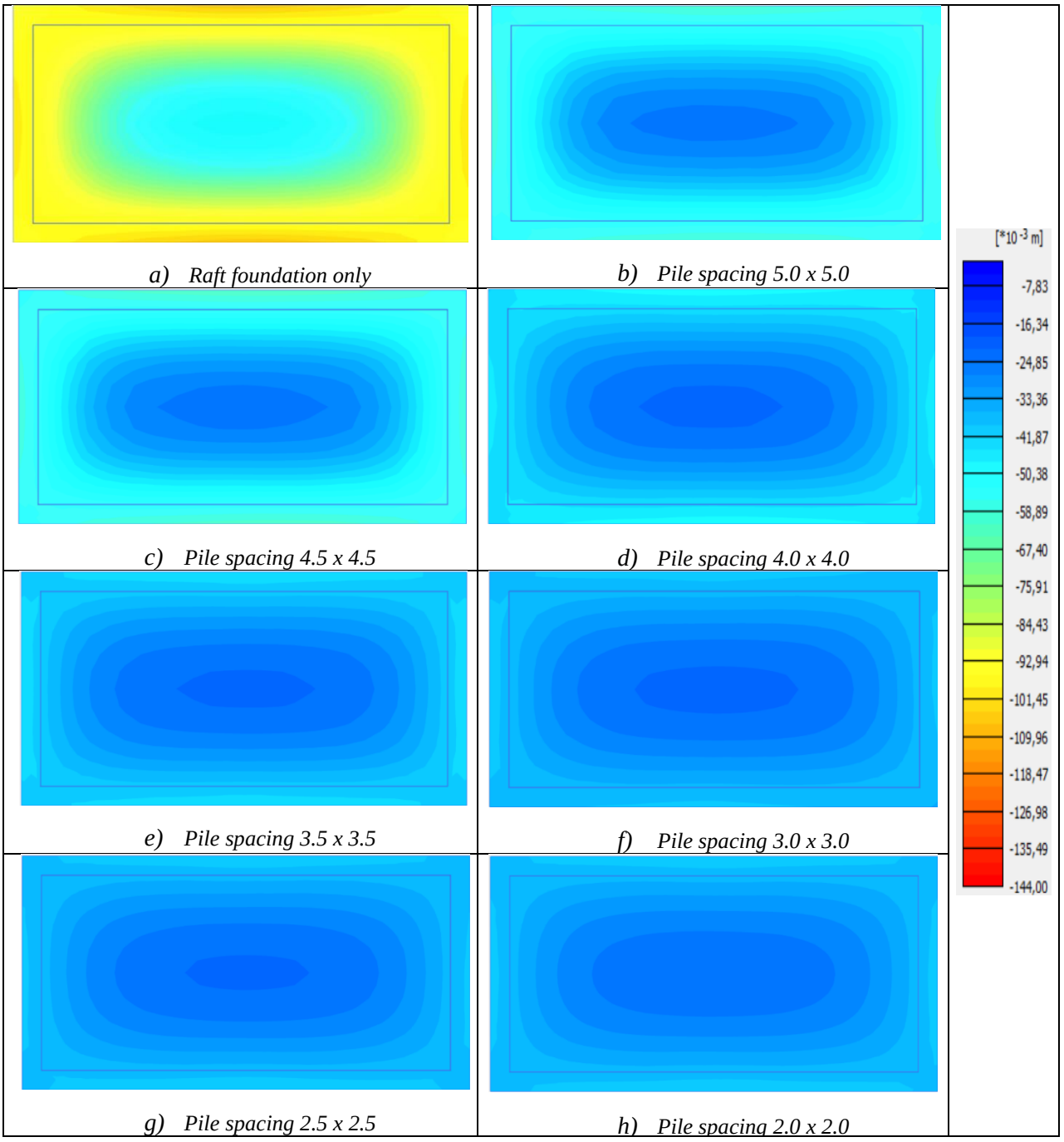


Figure 10. Effect of pile spacing on displacements in raft foundation

4. CONCLUSIONS

In this study, the behavior of piled raft foundations under the influence of superstructure interaction was analyzed, focusing on the optimization of pile spacing to achieve an economical and effective design while reducing displacements and stresses in the foundation. The analyses

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

demonstrated that loading conditions in piled raft foundations provide more realistic results for foundation design. When comparing the results of the analysis performed with a distributed load to those obtained with a building model, it was observed that displacements in the raft foundation were concentrated in the center for the distributed load case. In contrast, for the building model analysis, deformations were predominantly observed at the edges of the foundation. Furthermore, a 65% difference was identified in the moments obtained from both analyses. From the perspective of foundation reinforcement design, it was concluded that the manner in which superstructure loads are transferred to the foundation significantly impacts the ability to achieve an economical design. Based on both analysis results, it was determined that modeling the superstructure is necessary to propose a more realistic and economical solution for reducing raft foundation displacements.

In the superstructure-interactive model, a piled raft foundation design was implemented to reduce stresses in the raft foundation to acceptable limits. Analyses were conducted to examine the effects of varying pile spacing on the raft foundation while keeping pile diameter and length constant. Increasing the density of homogeneously placed piles reduced displacements in the raft foundation. However, when analyzing the relationship between the number of piles and foundation displacements, it was observed that beyond a certain point, increasing the number of piles did not result in significant reductions in displacement. This indicates that achieving an optimal number of piles in piled raft foundation design ensures a more economical solution.

Piled raft foundations offer a more economical solution for reducing settlements compared to traditional pile foundations. For optimal design, the number and placement of piles should be maintained at an optimum level.

REFERENCES

Arslan, U., Quick, H., Moormann, C., & Reul, O. (1999). Geotechnische in-situ Messungen an Hochhausgründungen und baubegleitende Qualitätssicherungsmaßnahmen.". In Hochhäuser" Darmstädter Statik-Seminar.

Das, B. M., & Sivakugan, N. (2018). Principles of foundation engineering. Cengage learning.

Ali. A. M.. Karkush. M. O.. & Al-Jorany. A. N. (2023). Numerical modeling of connected piled raft foundation under seismic loading in layered soils. Journal of the Mechanical Behavior of Materials. 32(1). 20220250.

Arslan. E.. Kayaturk. D.. Durmus. M.R.. Bagca. I.. Imamoglu. T.. Sert. S. The Role of Utilizing Load in Different Cases While Numerical Modeling of Multi-story Buildings on Alluvial Stratum: A Comparison Study. Arab J Sci Eng 49. 13845–13860 (2024).

El-Mossallamy YM (2004) The interactive process between field monitoring and numerical analyses by the deployment of piled raft foundation. Geotechnical innovation. international symposium. university of Stuttgart

Katzenbach. R.. Arslan. U.. Moorman. C. and Reul. O. (1998). “Piled Raft Foundations: Interaction Between Piles and Raft”. Darmstadt Geotechnics. Darmstadt University of Technology. 4: pp279-296.

Malviya. D. K.. Ansari. A.. & Samanta. M. (2023). Settlement and load sharing behavior of piled raft foundation: a review. Innovative Infrastructure Solutions. 8(11). 305.

Poulos. H.G. (2001). “Piled raft foundations: design and applications” . Géotechnique. 51 (2). pp.95-113.

Poulos. H. G.. Small. J. C.. & Chow. H. (2011). Piled raft foundations for tall buildings. Geotechnical Engineering Journal of the SEAGS & AGSSEA. 42(2). 78-84.

Reul. O.. & Randolph. M. F. (2003). Piled rafts in overconsolidated clay: comparison of in situ measurements and numerical analyses. Geotechnique. 53(3). 301-315.

Singh. G. G.. Tiwari. R. P.. & Kumar. V. (2024). Parametric study of combined piled raft foundation for uniformly distributed surcharge over raft top surface. Sādhanā. 49(4). 291.

Tarenia. K.. Patra. N.R.. Rajesh. S. et al. Long-Term Response of Piled-Raft Foundations Subjected to Incremental Compressive Loads. Arab J Sci Eng 49. 5785–5816 (2024). https://doi.org/10.1007/s13369-023-08426-z

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

THE PERFORMANCE COMPARISON OF BOOSTING-BASED MACHINE LEARNING METHODS IN BREAST CANCER RISK ANALYSIS

Dr. Şeyma YAŞAR
Inonu University
seyma.yasar@inonu.edu.tr - 0000-0003-1300-3393,
Prof. Dr. Cemil ÇOLAK
Inonu University
cemil.colak@inonu.edu.tr - 0000-0001-5406-098X

ABSTRACT

Breast cancer is one of the most common types of cancer in women, and early diagnosis and determination of risk factors are of critical importance for the prevention and management of the disease. In this study, two different machine learning models (Extreme Gradient Boosting; XGBoost, Stochastic Gradient Boosting; SGB) were developed to estimate the risk of breast cancer and to determine possible risk factors. The data used in the study were taken from the UCI machine learning repository and consisted of age (years), BMI (kg/m^2), glucose (mg/dL), insulin (µU/mL), HOMA, leptin (ng/mL), adiponectin (µg/mL), resistin (ng/mL) and MCP-1 (pg/dL) clinic features. 5-fold cross-validation from resampling methods was applied in the study. While the accuracy value for the XGBoost model in predicting the presence of breast cancer was 91.38%, the accuracy value for the SGB model was obtained as 87.93. Depending on the XGBoost model that can best classify breast cancer, the variables included in the model were determined as glucose (mg/dL), resistin (ng/mL), age (years), BMI (kg/m^2), HOMA, Adiponectin (µg/mL), Leptin (ng/mL), Insulin (µU/mL) and MCP-1 (pg/dL) according to their significance values. In the light of these findings, it is revealed that the integration of machine learning methods with biomedical data can be an effective tool in breast cancer risk estimation and determination of risk factors. In particular, the superior performance of XGBoost is promising for individualized risk assessment systems. The findings obtained may provide significant contributions to the development of strategies for the prevention of the disease and clinical decision support systems.

Keywords : Breast cancer, Machine learning, XGBoost, SGB, Boosting-Based Machine Learning.

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

1. INTRODUCTION

Breast cancer is the most common type of cancer among women worldwide, with approximately 2.3 million new cases diagnosed each year. This disease, which is the leading cause of cancer-related deaths in women, poses a significant burden on global health systems. Breast cancer occurs as a result of uncontrolled proliferation of cells in the breast tissue, and if not detected early, it can spread to distant organs (metastasis) and become life-threatening. Early diagnosis of breast cancer is of critical importance for treatment success and survival rates. While the 5-year survival rate can be as high as 99% in breast cancer cases diagnosed at an early stage, this rate drops significantly in advanced stages. Therefore, the development of new and effective diagnostic methods for early detection of the disease is among the primary goals of modern oncology [1, 2].

In recent years, developments in artificial intelligence and machine learning technologies have opened new horizons in the early diagnosis of breast cancer. These technologies have the ability to analyze more complex data structures and reveal complex relationships between variables compared to classical statistical methods. Machine learning algorithms provide great advantages, especially in detecting non-linear relationships between various biomarkers and determining the importance levels of risk factors. Machine learning-based approaches allow for early prediction of breast cancer risk by integrating clinical data, imaging results and laboratory parameters. These methods contribute to faster and more accurate diagnostic processes by providing decision support systems to healthcare professionals. In addition, they enable more effective planning of preventive healthcare services by ensuring early detection of high-risk individuals. In recent years in particular, understanding the role of metabolic and inflammatory markers in the development of breast cancer has brought a new dimension to early diagnosis strategies. Machine learning algorithms offer promising results for detecting the disease before clinical findings appear by analyzing the complex interactions of these biomarkers. In addition to increasing the effectiveness of traditional screening methods, this approach also makes significant contributions to the development of personalized risk assessment and treatment strategies. In addition, determining the importance of various biomarkers in the disease process sheds light on both the optimization of the diagnostic process and the identification of new therapeutic targets [3, 4].

In this study, our aim was to evaluate the relationship between metabolic and inflammatory markers (age, BMI, glucose, insulin, HOMA, leptin, adiponectin, resistin and MCP-1) and breast cancer in a study group consisting of 64 patients diagnosed with breast cancer and 52 healthy controls using machine learning algorithms (XGBoost and Stochastic Gradient Boosting) and to determine the predictive values of these parameters in early diagnosis of the disease according to their order of importance.

2. MATERIAL AND METHODS

2.1. Data Set

The dataset used in this study consists of metabolic and inflammation markers for 116 individuals, which can be freely accessed from the open access address "https://www.kaggle.com/datasets/ankitbarai507/breast-cancer-dataset". While the mean age of patients diagnosed with breast cancer among the individuals included in the study was 58.08±18.96, the mean age of the group without breast cancer was 56.67±13.49. In the models,

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

age, bmı, glucose, ınsulin, HOMA (Homeostatic Model Assessment), leptin, adiponectin, resistin and MCP-1 (Monocyte Chemoattractant Protein-1) variables were accepted as input variables, and breast cancer diagnosis (yes/no) was accepted as output variable [5].

2.2. Data Preprocessing

In machine learning, resampling methods are frequently used important techniques to optimize model performance and obtain reliable results. Resampling methods, especially k-fold cross-validation, allow the model to be tested on different subsets of the dataset, helping to evaluate the generalization ability of the model and prevent overfitting problems. This approach prevents the model from overfitting the training data while also providing consistent performance on the test data. In addition, creating different samples from the dataset using techniques such as bootstrap contributes to the optimization of model parameters and increasing the reliability of the results. In this way, the performance of the model on different pieces of data is evaluated, and the stability and consistency of the algorithm are tested. In this study, 5-fold cross-validation is used [6].

2.3. Boosting machine learning methods used in classification

Boosting algorithms constitute a powerful subclass of ensemble learning methods in machine learning. These algorithms are basically based on the principle of creating a strong learning model by sequentially combining multiple weak learners (usually shallow decision trees). Each weak learner focuses on the errors of the previous model and tries to correct them, and this process continues for a specified number of iterations or until a specified error threshold value is reached. Boosting algorithms give more weight to the incorrectly classified or predicted examples at each step, ensuring that these examples are learned better in subsequent iterations. This approach allows the model to become more complex and powerful over time. Gradient boosting algorithms, in particular, try to optimize the loss function by calculating the negative gradient of the previous model at each step. These methods are widely used today thanks to their advantages such as high prediction accuracy, ability to determine variable importance levels, and applicability to different data types [7]. XGBoost (eXtreme Gradient Boosting) and Stochastic Gradient Boosting are two important members of this family, both of which use the gradient boosting principle but exhibit different approaches. XGBoost works faster and with less memory usage thanks to its use of a more sophisticated loss function including regularization, parallel computing capability and a special tree growing algorithm, while Stochastic Gradient Boosting focuses on reducing the variance of the model and preventing overfitting by using a random subset of the dataset in each iteration (bagging principle); this approach can provide better generalization performance especially in noisy data and reduce computational burden. While XGBoost generally provides higher prediction performance and faster training time, it is seen that Stochastic Gradient Boosting can generalize better in some cases and is more resistant to overfitting thanks to its randomness feature [8, 9].

3. RESULTS

The descriptive statistics for the input variables included in the model are given in Table 1.

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

Table 1. The descriptive statistics for variables included in the model

	Prostate Cancer				p-value
	Control		Breast Cancer		
	Mean±SD	Median(Min-Max)	Mean±SD	Median(Min-Max)	
Age	58.08±18.96	65(24-89)	56.67±13.49	53(34-86)	0.477
BMI	28.32±5.43	27.69(18.67-38.58)	26.98±4.62	27.41(18.37-37.11)	**0.200**
Glucose	88.23±10.19	87(60-118)	105.56±26.56	98.5(70-201)	**<0.001**
Insulin	6.93±4.86	5.48(2.71-26.21)	12.51±12.32	7.58(2.43-58.46)	**0.026**
HOMA	1.55±1.22	1.14(0.47-7.11)	3.62±4.59	2.05(0.51-25.05)	**0.003**
Leptin	26.64±19.33	21.49(4.31-83.48)	26.6±19.21	18.88(6.33-90.28)	0.947
Adiponectin	10.33±7.63	8.13(2.19-38.04)	10.06±6.19	8.45(1.66-33.75)	0.764
Resistin	11.61±11.45	8.93(3.29-82.1)	17.25±12.64	14.37(3.21-55.22)	**0.002**
MCP-1	499.73±292.24	471.32(45.84-1256.08)	563.02±384	465.37(90.09-1698.44)	0.502

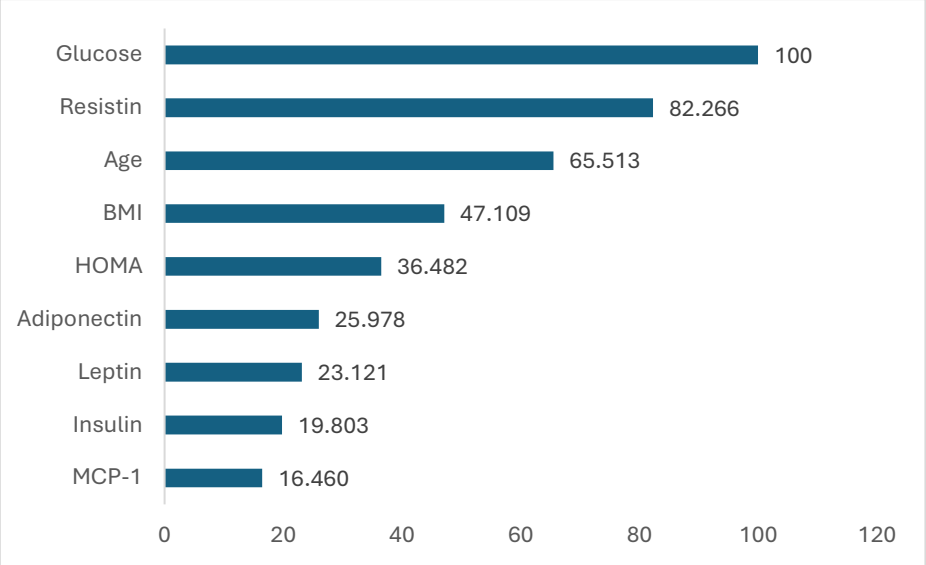
Performance metrics for two different machine learning methods used to classify breast cancer are given in Table 2.

Table 2. Performance metrics for XGBoost and Stochastic Gradient Boosting methods used to classify breast cancer

Metrics	Machine Learning Models	
	XGBoost (%)	SGB (%)
Accuracy	91.4	87.9
Sensitivity	92.2	92.2
Specificity	90.4	82.7
F1-Score	92.2	89.4
Matthews Correlation Coefficient (MCC)	82.6	75.6

Considering the accuracy values from the performance metrics in Table 2, the model that can best classify breast cancer based on metabolic and inflammation markers is XGBoost. On the other hand, the importance ranking of metabolic and inflammation markers based on the XGBoost model is given in Figure 1.

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



Figüre 1. The importance of the variables based on the XGBoost optimal model in predicting breast cancer

According to these values, five variables that can be used as possible biomarkers in predicting breast cancer can be said to be glucose, resistin, age, BMI, and HOMA.

CONCLUSION

Breast cancer, one of the most common cancers in women, typically occurs in middle to advanced age and is caused by a combination of genetic, hormonal and environmental factors. Treatment options for breast cancer include surgery, radiotherapy, hormone therapy and chemotherapy, depending on the stage of the disease and the patient's general health status. Early detection significantly improves treatment success, making regular mammogram screenings and breast self-examinations vital screening methods since breast cancer may not show clear symptoms in early stages [10]. When the performance metrics of this classification were evaluated, XGBoost had the best classification results with 91.4% accuracy, 92.2% sensitivity, 90.4% specificity, 92.2% F1-Score and 82.6% MCC values. On the other hand, according to the variable importances depending on the XGBoost optimal model, five possible risk factors for predicting breast cancer were determined as glucose, resistin, age, BMI, and HOMA.

Glucose plays an important role in the diagnosis and treatment of breast cancer. Radiolabeled glucose (FDG), especially used in PET imaging, provides critical information in the diagnosis and staging of the disease by detecting high glucose uptake by tumor cells. The fact that cancer cells consume more glucose than normal cells (Warburg effect) is used as an indicator to evaluate the aggressiveness of the tumor. This metabolic feature has led to the development of new therapeutic approaches targeting glucose metabolism and to the investigation of the potential role of diabetes drugs (e.g. metformin) in the treatment of breast cancer [11].

On the other hand, resistin is important as a potential biomarker in the diagnosis and treatment of breast cancer. This protein, produced in adipose tissue, plays a role in the progression of the

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

disease by affecting the proliferation and metastasis of breast cancer cells. High resistin levels have been associated with an increased risk of breast cancer and poor prognosis. Recent studies show that resistin levels can be used in early diagnosis and that targeting the resistin pathway may be important in developing new treatment strategies. It is also thought that resistin levels can be used to monitor response to treatment [12].

Age is also a critical factor in the diagnosis and treatment of breast cancer. The risk of breast cancer increases with age, and its incidence is particularly high in women over the age of 50. Therefore, regular mammography screenings are recommended after the age of 40. Age also plays an important role in determining the treatment approach; while more aggressive treatment options are generally preferred in younger patients, more conservative approaches can be adopted in older patients, taking into account the patient's general health status and quality of life. Since the role of genetic factors is more pronounced in breast cancer cases that occur at an early age, genetic testing and counseling services are gaining importance [13].

Body mass index (BMI) is an important factor in breast cancer risk assessment and treatment. High BMI and obesity increase the risk of breast cancer in postmenopausal women, while also complicating the diagnostic process because excess fat tissue can reduce the effectiveness of mammography and physical examination. In terms of treatment, high BMI can increase the risk of surgical complications and affect radiotherapy planning. In addition, drug doses may need to be adjusted in obese patients, and treatment response rates may vary. Therefore, it is recommended to maintain a healthy BMI and make necessary lifestyle changes during breast cancer treatment [14].

The HOMA (Homeostasis Model Assessment) index is an important metabolic marker in breast cancer risk assessment and prognosis. High HOMA-IR values, which indicate insulin resistance, have been associated with increased breast cancer risk and worse prognosis. Studies show that high HOMA values can affect tumor growth and aggressiveness. Therefore, monitoring HOMA values can be used both in risk assessment and in monitoring treatment response. In addition, lifestyle changes and medical interventions applied to control HOMA values can positively affect the success of breast cancer treatment [15].

In conclusion, the evaluation of multiple factors is an important approach in the early diagnosis and treatment of breast cancer. The combined evaluation of parameters such as age, BMI, glucose metabolism, resistin levels and HOMA index provides more comprehensive information in the risk assessment and prognosis estimation of the disease. Regular monitoring and control of these parameters both increases the chance of early diagnosis and positively affects the success of treatment. The holistic evaluation of these parameters, especially in high-risk patient groups, allows the development of personalized screening programs and treatment strategies. This approach offers a promising perspective in terms of early detection of breast cancer and more effective treatment results.

REFERENCES

[1] Y.-S. Sun, Z. Zhao, Z.-N. Yang, F. Xu, H.-J. Lu, Z.-Y. Zhu*, et al.*, "Risk factors and preventions of breast cancer," *International journal of biological sciences,* vol. 13, p. 1387, 2017.

[2] S. Łukasiewicz, M. Czeczelewski, A. Forma, J. Baj, R. Sitarz, and A. Stanisławek, "Breast cancer—epidemiology, risk factors, classification, prognostic markers, and current treatment strategies—an updated review," *Cancers,* vol. 13, p. 4287, 2021.

[3] W. Yue, Z. Wang, H. Chen, A. Payne, and X. Liu, "Machine learning with applications in breast cancer diagnosis and prognosis," *Designs,* vol. 2, p. 13, 2018.

[4] D. Wong and S. Yip, "Machine learning classifies cancer," ed: Nature Publishing Group UK London, 2018.

[5] A. K. Barai. Available: https://www.kaggle.com/datasets/ankitbarai507/breast-cancer-dataset

[6] I. Tougui, A. Jilbab, and J. El Mhamdi, "Impact of the choice of cross-validation techniques on the results of machine learning-based diagnostic applications," *Healthcare informatics research,* vol. 27, pp. 189-199, 2021.

[7] A. V. Konstantinov and L. V. Utkin, "Interpretable machine learning with an ensemble of gradient boosting machines," *Knowledge-Based Systems,* vol. 222, p. 106993, 2021.

[8] X. Su and M. Bai, "Stochastic gradient boosting frequency-severity model of insurance claims," *PloS one,* vol. 15, p. e0238000, 2020.

[9] Y. Qiu, J. Zhou, M. Khandelwal, H. Yang, P. Yang, and C. Li, "Performance evaluation of hybrid WOA-XGBoost, GWO-XGBoost and BO-XGBoost models to predict blast-induced ground vibration," *Engineering with Computers,* vol. 38, pp. 4145-4162, 2022.

[10] K. Shaikh, S. Krishnan, and R. M. Thanki, *Artificial intelligence in breast cancer early detection and diagnosis*: Springer, 2021.

[11] E. Shin and J. S. Koo, "Glucose metabolism and glucose transporters in breast cancer," *Frontiers in cell and developmental biology,* vol. 9, p. 728759, 2021.

[12] Y.-Y. Wang, A. C. Hung, S. Lo, and S.-S. F. Yuan, "Adipocytokines visfatin and resistin in breast cancer: Clinical relevance, biological mechanisms, and therapeutic potential," *Cancer letters,* vol. 498, pp. 229-239, 2021.

[13] Y. Xu, M. Gong, Y. Wang, Y. Yang, S. Liu, and Q. Zeng, "Global trends and forecasts of breast cancer incidence and deaths," *Scientific data,* vol. 10, p. 334, 2023.

[14] E. I. Obeagu and G. U. Obeagu, "Breast cancer: A review of risk factors and diagnosis," *Medicine,* vol. 103, p. e36905, 2024.

[15] S. Saboori, E. Y. Rad, M. Birjandi, S. Mohiti, and E. Falahi, "Serum insulin level, HOMA-IR and prostate cancer risk: A systematic review and meta-analysis," *Diabetes & metabolic syndrome: Clinical research & reviews,* vol. 13, pp. 110-115, 2019.

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

THE PROSTATE CANCER CLASSIFICATION AND IDENTIFICATION OF POTENTIAL BIOMARKERS WITH MACHINE LEARNING METHODS BASED ON CLINICAL DATA

Dr. Şeyma YAŞAR
Inonu University
seyma.yasar@inonu.edu.tr - 0000-0003-1300-3393,
Prof. Dr. Cemil ÇOLAK
Inonu University
cemil.colak@inonu.edu.tr - 0000-0001-5406-098X

ABSTRACT

Prostate cancer is one of the most common types of cancer in men worldwide and usually occurs in older ages. Traditional methods commonly used in diagnosis (prostate specific antigen (PSA) test, digital rectal examination) have low sensitivity and specificity rates. Therefore, more reliable and sensitive methods are needed for early diagnosis. This study aims to develop classification models and identify potential biomarkers using machine learning methods in prostate cancer diagnosis. The clinical data of 298 individuals were used in the study. 131 of these individuals were diagnosed with prostate cancer, while the remaining 167 were classified as healthy. XGBoost and J48 algorithms were applied on the data. The XGBoost model was determined as the most successful model, achieving high performance results such as 92.6% accuracy, 95.4% sensitivity and 90.3% specificity. J48 exhibited lower accuracy (80.5%) and sensitivity (61.6%). As a result of the modeling, it has been revealed that five variables, namely total PSA (tPSA), PSA density (PSAD), prostate volume (PV), age and free PSA (fPSA), can be used as potential biomarkers in the prediction of prostate cancer. These biomarkers can contribute especially to the development of early diagnosis and personalized treatment strategies. Machine learning-based approaches offer promising methods in the management of multifactorial and complex diseases such as prostate cancer.

Keywords : Prostate cancer, Machine learning, XGBoost, J48, Classification.

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

1. INTRODUCTION

Prostate cancer is one of the most common malignancies in men worldwide and is also among the top cancer-related deaths. This disease, the incidence of which increases with age, becomes manageable with early diagnosis and effective treatment approaches. While early diagnosis significantly increases the quality of life and survival rates of patients, the limitations of the methods used in diagnosis cause various difficulties in the diagnostic process. The main methods used in the diagnosis of prostate cancer today include the prostate-specific antigen (PSA) test and digital rectal examination (DRE). However, these traditional approaches have low specificity and sensitivity rates and can lead to false-negative results as well as false-positive results. This situation brings with it negative consequences such as unnecessary biopsy procedures, stress on the patient and delayed treatment. In this context, the need for more sensitive, reliable and individualized diagnostic methods is increasing day by day [1, 2].

In recent years, advances in artificial intelligence and machine learning technologies have offered new opportunities in the diagnosis and management of complex and multifactorial diseases such as prostate cancer. Machine learning algorithms provide powerful tools to extract meaningful features from large and complex data sets, reveal complex relationships, and make data-driven predictions. Especially in areas such as the classification and analysis of medical data, these methods go beyond traditional approaches, both increasing diagnostic accuracy and defining individual risk factors more clearly [3, 4].

A large number of factors such as age, genetic predisposition, family history, ethnicity, and lifestyle play a role in the development of prostate cancer. The complex interactions of these factors produce multidimensional data that can be difficult to analyze with classical statistical methods. Machine learning techniques offer a new paradigm in processing and interpreting this multidimensional data, allowing individuals at high risk of disease to be identified early. In particular, the integration of genomic data, clinical findings, and biochemical test results enables a more sensitive and personalized risk assessment [5].

In this study, it was aimed to develop a classification model for prostate cancer diagnosis using different machine learning methods (XGBoost, J48) based on clinical data and to identify possible biomarkers through this model. The study aims to improve diagnostic processes by comparing model performance using two different machine learning methods and to contribute to the development of predictive models that will support early intervention.

2. MATERIAL AND METHODS

2.1. Data Set

The dataset used in the study consists of clinical data on a total of 298 individuals, 131 of whom were diagnosed with prostate cancer and the remaining 167 did not have prostate cancer. The average age of the group diagnosed with prostate cancer among the subjects included in the study was 73±10, while the average age of the group without prostate cancer was 70±9. In the modeling, age, body mass index, Red blood cells (RBC), hemoglobin (HGB), white blood count (WBC), platelet (PLT), polymorphonuclear neutrophils (PMN), lymphatic fluid (LYMPH),

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

monocytes (MONOC), total prostate-specific antigen (tPSA), free prostate-specific antigen (fPSA), polycythemia vera (PV), prostate-specific antigen density (PSAD), glucose (GLU), creatinine (CRE), alanine transaminase (ALT), aspartate aminotransferase (AST), and AST to ALT ratio (AST/ALT) variables were considered as input variables, and prostate cancer diagnosis (positive/negative) was considered as output variable [6].

2.2. Data Preprocessing

In machine learning modeling, variable selection is an important step to both increase the performance of the model and strengthen its interpretability. In high-dimensional data sets, unnecessary or meaningless variables can lead to overfitting of the model, low prediction performance and high computational costs. In this context, LASSO (Least Absolute Shrinkage and Selection Operator), which is used as the variable selection method in the current study, is an effective method that performs both variable selection and regularization. LASSO reduces the effect of unnecessary variables to zero by penalizing the regression coefficients and removes these variables from the model. This method, which is especially preferred in high-dimensional and multivariate data sets, enables the model to work simpler, more effectively and faster [7]. In addition, 10-fold cross-validation was used as a resampling method to evaluate the generalization ability of the model in the modeling process. In this method, the data set is divided into 10 equal subgroups and each is used as the test set and the remaining as the training set. This process allows the performance of the model to be evaluated in different data sections and a general performance metric is obtained by averaging the results. 10-fold cross-validation prevents the model from over-learning, allows it to make more reliable predictions, and provides an effective evaluation process even on small datasets [8].

2.3. Machine learning methods used in classification

2.3.1. XGBoost

XGBoost is a tree-based machine learning algorithm called eXtreme Gradient Boosting. It was developed to learn complex relationships and prevent overfitting, especially on large data sets. XGBoost is a stacking (boosting) method that can make more powerful predictions by combining small and independent trees. The model controls the tree depths and numbers using regularization terms and efficiency-enhancing techniques, thus producing more accurate predictions with less complexity. These features make XGBoost suitable for many applications such as data mining, classification, and regression. Especially its ability to work quickly on large data sets, having lightweight data structures, and providing parallel processing support make it a popular choice in modern machine learning applications [9].

2.3.2. J48 (C4.5)

J48 is a Java adaptation of the C4.5 algorithm and is a tree-based classification method. The C4.5 algorithm is based on the principle of classifying data through nodes and branches. This algorithm uses information such as entropy and information gain to divide the data into meaningful pieces and generate decision rules for each piece. J48 stands out with its memory efficiency and fast operation. Its branched tree structure allows it to model class balance and

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

relationships in datasets more accurately. This makes it ideal for solving complex classification problems [10].

3. RESULTS

Descriptive statistics for the 12 variables included in the model after lasso variable selection are given in Table 1.

Table 1. The descriptive statistics for variables included in the model

	Prostate Cancer				**p-value**
	Control		**Prostate Cancer**		
	Mean±SD	**Median(Min-Max)**	**Mean±SD**	**Median(Min-Max)**	
tPSA	15.86±24.09	9.65(0.23-233.29)	66.53±168.49	23.29(0.76-1884)	**<0.001**
PSAD	0.29±0.49	0.17(0.01-3.9)	1.56±4.6	0.58(0.01-51.67)	**<0.001**
PV	65.31±35.66	58.51(10.87-313.47)	53.84±31.22	44.55(13.78-224.03)	**<0.001**
Age	70.26±8.5	70(42-89)	72.74±9.58	73(42-93)	**0.028**
fPSA	2.4±2.86	1.63(0.07-20.2)	7.36±15.95	3.01(0.13-173.8)	**<0.001**
BMI	24.37±3.44	24.22(15.79-39.88)	24.46±3.25	24.22(15.24-35.11)	0.692
GLU	5.34±1.39	4.9(3.8-14.4)	5.44±1.5	5.1(2.5-12.6)	0.412
ALT	18.84±11.31	15(3-90)	17.37±10.61	14(4-69)	0.086
WBC	6.22±2.28	5.75(2.6-15.09)	5.99±1.67	5.72(2.68-12.72)	0.996
RBC	4.47±0.5	4.52(2.95-5.98)	4.31±0.56	4.41(2.81-5.43)	**0.016**
AST	19.02±6.25	18(9-49)	19.17±12.12	18(9-143)	0.391
PMN	4.08±2.1	3.54(1.42-13.49)	4.48±6.39	3.69(1.69-75.6)	0.568

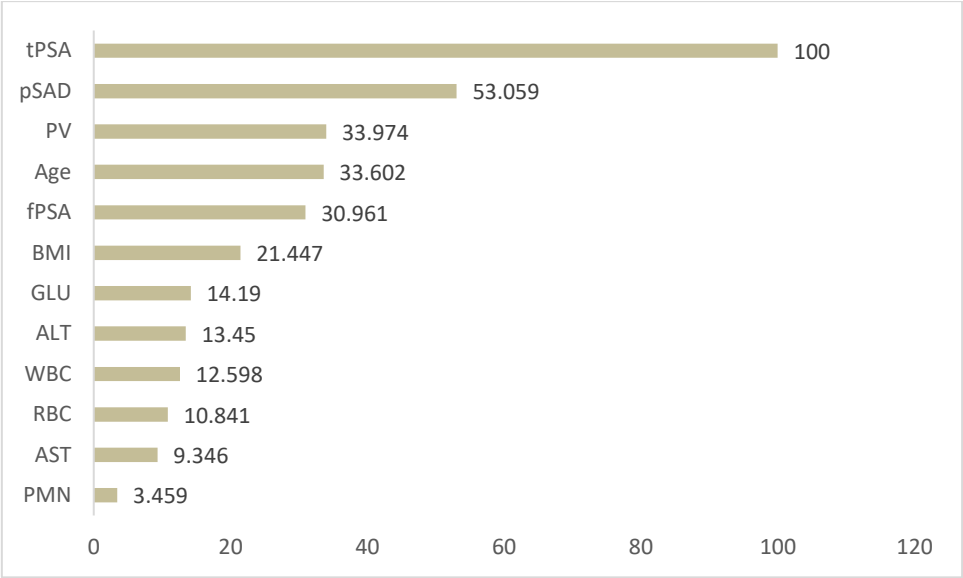
Performance metrics for two different machine learning methods used to classify prostate cancer are given in Table 2.

Table 2. Performance metrics for XGBoost and J48 methods used to classify prostate cancer

Metrics	**Machine Learning Models**	
	XGBoost (%)	**J48 (%)**
Accuracy	92.6	80.5
Sensitivity	95.4	61.6
Specificity	90.3	95.8
F1-Score	92.0	73.9
Matthews Correlation Coefficient (MCC)	85.4	62.4

Considering the performance metrics in Table 2, the model with the best accuracy value is XGBoost. Therefore, the importance of the variables based on the optimal model in predicting prostate cancer is given in Figure 1.

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



Figüre 1. The importance of the variables based on the XGBoost optimal model in predicting prostate cancer

According to these values, 5 variables that can be used as possible biomarkers in predicting prostate cancer can be said to be tpsa, psad, pv, age and fpsa.

CONCLUSION

Prostate cancer, one of the most common cancers in men, usually occurs at an advanced age and is caused by a combination of genetic, hormonal and environmental factors. Treatment options for prostate cancer include surgery, radiotherapy, hormone therapy or active surveillance, depending on the stage of the disease and the patient's general health status. Since prostate cancer usually does not show symptoms in the early stages, new and reliable biomarkers allow for early diagnosis of the disease and increase the chance of treatment [11]. In the current study, classification was performed with two different machine learning methods to predict prostate cancer. When the performance metrics for this classification were examined, XGBoost had the best classification results with 92.6% accuracy, 95.4% sensitivity, 90.3% specificity, 92.0% F1-Score and 85.4% MCC values. Therefore, according to the variable importances depending on the optimal model, 5 possible risk factors for predicting prostate cancer were determined as tpsa, psad, pv, age and fpsa.

In prostate cancer, total PSA (tPSA), a protein produced in the prostate gland and measurable in the blood, is an important biomarker in the early diagnosis and monitoring of the disease. Measuring tPSA allows cancer to be detected at an early stage, increasing the chance of treatment. In addition, a decrease in tPSA levels after treatment can indicate the effectiveness of the treatment, while a rise in levels can indicate a recurrence of the disease. In addition, tPSA levels can be a guide in estimating the aggressiveness of the disease and in choosing the appropriate treatment strategy [12].

In prostate cancer, PSA density (PSAD) plays an important role in the diagnosis and management of the disease as a parameter obtained by dividing the prostate-specific antigen

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

(PSA) level by the prostate volume. PSAD provides more accurate results by evaluating how total PSA levels are affected by prostate size. This parameter helps distinguish prostate cancer from benign prostatic diseases (e.g., benign prostatic hyperplasia) and increases diagnostic sensitivity. Especially in patients with borderline PSA levels (between 4-10 ng/mL), high PSAD may be a determining factor in the decision to biopsy and helps prevent unnecessary biopsy procedures. In addition, high PSAD values may be associated with more aggressive prostate cancer, and this information can guide prognosis and treatment planning [13].

Prostate volume (PV) is a parameter that represents the size of the prostate gland and plays an important role in the diagnosis, monitoring and treatment processes of prostate cancer. PV is usually measured with imaging methods such as transrectal ultrasonography (TRUS) or magnetic resonance imaging (MRI) and is an important source of information in the evaluation of prostate diseases. The importance of PV in prostate cancer stands out as a determinant in the calculation of parameters such as PSA density (PSAD). Evaluating whether PSA levels are higher than normal according to prostate volume can help reduce unnecessary biopsy procedures. For example, a large prostate gland can cause a high PSA level, but this does not always indicate cancer. PV contributes to a more accurate diagnosis in such cases. In addition, PV is an important factor affecting treatment decisions. A large prostate volume is taken into account in the planning of treatment methods such as surgery or radiotherapy. For example, surgical risks may increase in patients with a large prostate gland or the radiotherapy dose may need to be adjusted. In addition, the association of PV with benign prostatic hyperplasia (BPH) may help clinicians in assessing the risk of prostate cancer. As a result, PV is considered an important parameter in the diagnosis of prostate cancer, determining its aggressiveness, and selecting the appropriate treatment strategy. When used together with other biomarkers, it allows for more accurate and effective management of prostate diseases [14].

Age has a significant impact on the incidence, course and treatment options of prostate cancer. Prostate cancer is generally considered a disease of advanced age and its risk increases with age. Although it is more common in men over the age of 50, the diagnosis rate increases significantly in men aged 65 and over. Age plays a critical role in the development of prostate cancer due to biological factors such as the accumulation of genetic changes and changes in hormonal balance. Age affects not only the incidence of the disease but also the treatment approach. In patients in the advanced age group, treatment options are usually evaluated by considering concomitant diseases and general health status. While active surveillance may be preferred in patients with advanced age but low-risk tumors, treatment methods such as surgery or radiotherapy may be applied to younger and healthier patients. In addition, age can affect the biological behavior of prostate cancer. Prostate cancers that occur at a young age generally tend to be more aggressive. This increases the importance of early diagnosis and effective treatment strategies. Therefore, age is a determining factor in the risk, diagnosis and management of prostate cancer. Therefore, assessing age-related risks and creating an individualized treatment plan is critical in combating prostate cancer [15].

Free PSA (fPSA) is a biomarker representing the free portion of prostate-specific antigen in the blood and plays an important role in the diagnosis of prostate cancer. Its evaluation together

with total PSA (tPSA) is important in terms of providing a differential diagnosis of prostate cancer. While low free PSA levels generally indicate a high risk of prostate cancer, high levels may be associated with a lower risk. This helps to make more accurate diagnosis and treatment decisions, especially at borderline tPSA levels (between 4-10 ng/mL). fPSA can reduce unnecessary biopsy procedures by increasing the diagnostic sensitivity of prostate cancer and allows patients to be directed correctly. It is also used in processes such as post-treatment monitoring and evaluation of response to treatment. High free PSA values can indicate the effectiveness of some treatment methods and provide important information for treatment guidance. Therefore, the evaluation of free PSA plays a critical role in the management of prostate cancer and helps to direct patients with more effective treatment strategies [16].

In conclusion, the combined evaluation of these five parameters (tPSA, PSAD, PV, age, fPSA) provides a more comprehensive and sensitive approach to the diagnosis and management of prostate cancer. The combined evaluation of these parameters minimizes false positive or negative results and enables the implementation of personalized treatment strategies for patients. This holistic approach allows for more accurate and effective clinical decisions in the management of prostate cancer.

REFERENCES

[1] M. Sekhoacha, K. Riet, P. Motloung, L. Gumenku, A. Adegoke, and S. Mashele, "Prostate cancer review: genetics, diagnosis, treatment options, and alternative approaches," *Molecules,* vol. 27, p. 5730, 2022.

[2] U. Swami, T. R. McFarland, R. Nussenzveig, and N. Agarwal, "Advanced prostate cancer: treatment advances and future directions," *Trends in cancer,* vol. 6, pp. 702-715, 2020.

[3] O. S. Tătaru, M. D. Vartolomei, J. J. Rassweiler, O. Virgil, G. Lucarelli, F. Porpiglia*, et al.*, "Artificial intelligence and machine learning in prostate cancer patient management—current trends and future perspectives," *Diagnostics,* vol. 11, p. 354, 2021.

[4] K. Kourou, K. P. Exarchos, C. Papaloukas, P. Sakaloglou, T. Exarchos, and D. I. Fotiadis, "Applied machine learning in cancer research: A systematic review for patient diagnosis, classification and prognosis," *Computational and Structural Biotechnology Journal,* vol. 19, pp. 5546-5555, 2021.

[5] O. Bergengren, K. R. Pekala, K. Matsoukas, J. Fainberg, S. F. Mungovan, O. Bratt*, et al.*, "2022 update on prostate cancer epidemiology and risk factors—a systematic review," *European urology,* vol. 84, pp. 191-206, 2023.

[6] H. Ye, "Prostate Cancer Data," M. Data, Ed., V1 ed, 2024.

[7] V. Fonti and E. Belitser, "Feature selection using lasso," *VU Amsterdam research paper in business analytics,* vol. 30, pp. 1-25, 2017.

[8] I. Tougui, A. Jilbab, and J. El Mhamdi, "Impact of the choice of cross-validation techniques on the results of machine learning-based diagnostic applications," *Healthcare informatics research,* vol. 27, pp. 189-199, 2021.

[9] A. Ogunleye and Q.-G. Wang, "XGBoost model for chronic kidney disease diagnosis," *IEEE/ACM transactions on computational biology and bioinformatics,* vol. 17, pp. 2131-2140, 2019.

[10] A. M. Posonia, S. Vigneshwari, and D. J. Rani, "Machine learning based diabetes prediction using decision tree J48," in *2020 3rd International Conference on Intelligent Sustainable Systems (ICISS)*, 2020, pp. 498-502.

[11] B. Kenner, S. T. Chari, D. Kelsen, D. S. Klimstra, S. J. Pandol, M. Rosenthal*, et al.*, "Artificial intelligence and early detection of pancreatic cancer: 2020 summative review," *Pancreas,* vol. 50, pp. 251-279, 2021.

[12] T. Agarwal, H. P. Manivannan, V. P. Veeraraghavan, K. Sankaran, and A. P. Francis, "Selective plant alkaloids as potential inhibitors of PARP in pancreatic cancer-An in silico study," 2023.

[13] C. Wang, L. Yuan, D. Shen, B. Zhang, B. Wu, P. Zhang*, et al.*, "Combination of PI-RADS score and PSAD can improve the diagnostic accuracy of prostate cancer and reduce unnecessary prostate biopsies," *Frontiers in Oncology,* vol. 12, p. 1024204, 2022.

[14] H. D. Heerkens, W. Hall, X. Li, P. Knechtges, E. Dalah, E. Paulson*, et al.*, "Recommendations for MRI-based contouring of gross tumor volume and organs at risk for radiation therapy of pancreatic cancer," *Practical radiation oncology,* vol. 7, pp. 126-136, 2017.

[15] C. Yuan, J. Kim, Q.-L. Wang, A. A. Lee, A. Babic, L. T. Amundadottir*, et al.*, "The age-dependent association of risk factors with pancreatic cancer," *Annals of Oncology,* vol. 33, pp. 693-701, 2022.

[16] M. Caban and E. Małecka-Wojciesko, "Gaps and Opportunities in the Diagnosis and Treatment of Pancreatic Cancer," *Cancers,* vol. 15, p. 5577, 2023.

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

KANSER ARAŞTIRMALARINDA SİTOTOKSİSİTE TESTLERİ

CYTOTOXICITY TESTS IN CANCER RESEARCH

Öğr. Gör. Dr. Aydın SEVER
Bingöl Üniversitesi,
asever@bingol.edu.tr- 0000-0002-6727-1556

ÖZET

Kanserin tüm dünyada milyonlarca insanı etkilemesi sebebiyle bu alanda yapılan çalışmalar yoğunluğunu korumaktadır. Kanser mekanizmasının anlaşılması için öncelikle ilgili tedavi yönteminin kanser hücrelerinde etkili olup olmadığının araştırılması yapılmalıdır. Bu bağlamda birçok deney gerçekleştirilmektedir. Yapılan deneylerde sitotoksisite testleri büyük önem arz etmektedir. Araştırmalarda kullanılan birçok test bulunmaktadır. Bu testlerin amacı kanser hücrelerine yönelik tedavi edici yaklaşımların etkinliğini tespit etmektir. İlaç adaylarını belirleme, tedavi dozlarının tespiti, mekanizmaların anlaşılması ve kişiye özel tedavi yaklaşımlarının ortaya çıkarılmasında bu testler rehber olabilmektedir. MTT, LDH, Trypan Blue Boyama, Flow sitometri, koloni oluşum deneyleri gibi çeşitli yöntemler günümüzde sıklıkla tercih edilmektedir. Bu yöntemlerin birbirine göre çeşitli avantaj ve dezavantajları bulunmaktadır. Bu çalışmada mevcut yöntemlerin tanıtımı, birbirlerine olan üstünlükleri ve tartışılması yapılacaktır.

Anahtar Kelimeler: Kanser, sitotoksisite, canlılık

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

1. GİRİŞ

Kanserin her yıl milyonlarca ölüme sebep olması ve sağlık harcamalarında önemli bir kalem oluşturması sebebiyle bu alanda yapılan çalışmalar her geçen gün artmaktadır (Sever, Toy, Erdoğan ve Gündoğdu, 2023). Bu çalışmalarda araştırmacıların kullandığı yöntemlerden birisi de hücre kültürü yöntemleridir. Organizmaya ait hücrelerin özel, steril ortamlarda gerekli koşulların sağlanarak çalışıldığı ortam olarak ifade edilen hücre kültürü bilimsel çalışmalara önemli katkılar sunmaktadır. Deney hayvanları ve insan çalışmalarına geçmeden önce gerek güvenlik ve hayvan hakları gerekse ekonomik sebepler ile hücre kültürü çalışmaları önemli bir başlangıç uygulamasıdır. Kanser çalışmalarında hücre kültürü uygulamalarının ayrı bir yeri ve kıymeti vardır (Tokur ve Aksoy, 2017). Yapılan uygulamaların sağlıklı ve kanser hücrelerinde nasıl bir etkiye sahip olduğunu anlamak ve tedavi dozlarının belirlenmesi açısından kanser araştırmalarında sitotoksisite testleri çok önemlidir. Günümüzde sitotoksisiteyi belirlemek açısından birçok yöntem ve deney vardır. Bunların birbirine göre çeşitli avantaj ve dezavantajları bulunmaktadır. Hangi tekniğin kullanılacağına araştırmacının kullandığı ajanın özelliği ve araştırma bütçesi önemli bir etkendir. Bazı yöntemlerde kullanılan kimyasallar deneyin sonucunu etkileyebilmektedir (Erkekoğlu ve Baydar, 2021). Bu çalışmada, günümüzde sıklıkla tercih edilen yöntemler başlıklar halinde incelenecektir.

Tripan Mavisi Yöntemi:

Uygulama sonrasında hücrelerde ortaya çıkan ölü/canlı hücrelerin hemositometre yardımıyla mikroskop altında sayılmasıdır. Tripan mavisi yöntemi sıklıkla tercih edilen bir yöntemdir. Bu yöntemin genel mantığı; tripan boyasının canlı hücrelere girememesi ve ölü hücrelerin içine girmesidir. Kolay ve ucuz olması sebebiyle tercih edilmektedir. Ancak, sayımda ortaya çıkabilecek bazı sayısal hatalar, hücrenin parlak mı yoksa soluk mu olduğu konusunda şüphenin oluşabilmesi, az sayıda hücre ile çalışılmasına müsaade etmesi gibi gerekçeler dezavantaj olarak görülmektedir (Riss, Niles, Moravec, Karassina ve Vidugiriene, 2019).

Nötral Red Uptake Yöntemi:

Nötral kırmızısı deneyi, hücre kültürü ve doku çalışmalarında sıklıkla tercih edilen yöntemlerden birisidir. Ölü hücrelerin nötral boyayı içinde tutamaması sonucu canlı hücreler kırmızı renkte görünür. Diğer bir ismi lizozomal boyamadır. Genel olarak 96'lı plakalara ekilen 5-10bin hücrenin tutunduğundan emin olunduktan sonra gerekli tedaviler uygulanır. Tedavi süresi sonunda protokole uygun olarak basamaklar gerçekleştirilir. Çoklu okuyucuda spektrofotometrik olarak ölçüm gerçekleştirilir. Özellikle lizozomal hasarın tespitinde ön plana çıkmaktadır. Hızlı ve güvenilir bir yöntem olması avantajdır. Ancak, tedavilerde kullanılan bazı kimyasalların nötral kırmızının kristal oluşturmasına sebep olabilmektedir (Erkekoğlu ve Baydar, 2021; Repetto, del Peso ve Zurita, 2008).

Kristal Viyole Yöntemi:

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

Adherent hücrelerde ölü hücrelerin uzaklaşması ve canlı hücrelerin kristal viyole boyası ile boyanması, bu yöntemin temelini oluşturmaktadır. Güvenilir bir sonuç elde edilmesi, uygulayıcının tecrübesi ile yakından ilişkilidir. Yoğun bir boya olması sebebiyle yıkamaların yeterli yapılmaması, çarpık sonuçların ortaya çıkmasına neden olmaktadır. 96lı plakalara hücre ekimi yapılabileceği gibi 24 kuyucuklu plakalarda da sonuç alınabilmektedir (Larramendy ve Soloneski, 2018; Parker ve diğerleri, 2022).

MTT ve MTS Yöntemi:

Canlılık deneylerinde günümüzde en sık kullanılan yöntemlerden birisidir. Sadece hücre canlılığı değil, doku kültüründe de iyi sonuçlar vermektedir. 3-[4,5-dimetiltiyazol-2-il]-2,5-difenil-tetrazolyum bromür (MTT) sarı renkli bir tuzdur. Hücrelerin proliferasyonu ile ortaya çıkan dehidrojenaz aktivitesi bu tuzu sarı renkten mor menekşe rengine çevirir. Bu renk dönüşümünün ortaya çıkması için MTT solvent veya DMSO solüsyonlar kullanılmaktadır. Genel olarak 96 kuyucuklu platelere ekilen 5-10 bin hücre, uygulanan tedavinin ardından 3 saat MTT ile muamele edilir. İnkübasyonun ardından solvent eklenerek 15 dakika çalkalayıcıda ışık görmeyecek şekilde çalkalanır. Süre sonunda çoklu okuyucu ile 540 veya 570 nanometrede okuma gerçekleştirilir (Kumar, Nagarajan ve Uchil, 2018a). 5-(3-karboksimetoksifenil)-2-(4,5-dimetil-tiyazolil)-3(4-sülfofenil) (MTS) yöntemi, MTT'ye benzemektedir. İç tuz metodu olarak bilinmektedir. Pembe veya kırmızı renk oluşumu vardır. Ölçüm 492 nanometrede gerçekleştirilir (Erkekoğlu ve Baydar, 2021).

XTT ve WST Yöntemi:

Her iki bileşik MTT gibi tetrazolyum tuzladır. Günümüzde çok fazla tercih edilmesinin sebebi, hızlı ve güvenilir sonuçlar vermesidir. MTT'den farklı olarak bir solvent içinde çözülmesine gerek yoktur. Bu sebeple daha güvenli sonuçlar ortaya koyar. Bunun yanında DMEM içinde bulunan fenol kırmızısı belirteçlerinden etkilenmez. Yüksek maliyetli olması dezavantaj olarak değerlendirilebilir (Sarı, Kolaylı ve Eyüpoğlu, 2021).

Sülforodamin B (SRB) Yöntemi:

İn vitro ortamda kemosensitivite testlerinde kullanılan ve MTT'ye nazaran daha iyi sonuçlar ortaya koyan SRB yöntemi, hücresel protein içeriğinin ölçülmesine dayalı bir yöntemdir. Adherent hücrelerin 96 kuyucuklu plakalara ekilmesiyle tedavi uygulanır. Tedavi sonunda gerekli protokoller uygulanarak çoklu plaka okuyucuda 540/565/586 nanometre değerlerinde okuma sağlanır. Son yıllarda yoğun bir şekilde kullanılmasında ucuz ve kesin sonuçlar ortaya koyması etkili olmaktadır (Vajrabhaya ve Korsuwannawong, 2018).

LDH Yöntemi:

Hasar gören hücrelerin sitoplazmaya saldığı enzimlerin aktivitesi ölçmeye yarayan bir yöntemdir. Laktat dehidrogenaz (LDH), sitoplazmada stabil olarak bulunan bir enzimdir.

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

Otofaji, apoptoz, nekroz vb. sebeplerle hücrede hasar oluştuğunda hızlı bir şekilde hücre kültürü salgılanan LDH önemli bir belirteç olarak görülmektedir. 96 kuyucuklu plakalarda uygulanabilen bu yöntem 492 nanometrede en iyi sonucu vermektedir (Kumar, Nagarajan ve Uchil, 2018b).

Alamar Mavisi Testi:

Sitotoksisite testlerinde son 50 yıldır en fazla tercih edilen yöntemlerden birisi de alamar mavisi testidir. Resazurin denilen bir mavi indikatör kullanılır. Bu madde, hücreler tarafından resorufine dönüştürülür. Hücre zarından kolayca geçme kabiliyetine sahip olan resorufine hücre zarından geçerek indirgenir ve pembe renge dönüşür. Sadece kanser araştırmaları değil birçok organizmanın canlılık deneyinde sonuç alınabilmektedir. Hücre kültüründe 560/590 nanometrede iyi sonuçlar alınmaktadır. İnkübasyon süresi 1-4 saat arasındadır (Tokur ve Aksoy, 2017).
Bu tekniklerin dışında ATP yöntemi, Flow sitometri, Annexin V, kaspaz ailesi üyelerinin seviyesinin belirlenmesi gibi farklı yöntemler de bulunmaktadır.

2. GENEL DEĞERLENDİRME VE SONUÇLAR

Kanser araştırmalarında hücre canlılığının belirlenmesi ilgili tedavi yönteminin etkinliğinin belirlenmesi ve sonraki deneylerde uygulanacak dozların tespitinde büyük önem taşımaktadır. Bunun tespitinde kullanılan birçok farklı yöntem bulunmaktadır. Yöntemlerin hangisinin kullanılacağında araştırmacının tecrübesi, kullanılan kimyasal maddeler ve araştırma bütçesi etkili olmaktadır. Özellikle çoklu örneklerin analizine imkân veren spektrofotometrik ölçümler günümüzde büyük kolaylık sağlamaktadır. Gelişen teknoloji ile daha ucuz ve kesin sonuçlar veren yöntemlerin tespiti veya mevcut yöntemlerin optimizasyonu mümkün olabilecektir.

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

KAYNAKLAR

Erkekoğlu, P. ve Baydar, T. (2021). Güncel in vitro sitotoksisite testleri. *Hacettepe University Journal of the Faculty of Pharmacy*, *41*(1), 45–63.

Kumar, P., Nagarajan, A. ve Uchil, P. D. (2018a). Analysis of cell viability by the MTT assay. *Cold spring harbor protocols*, *2018*(6), pdb-prot095505.

Kumar, P., Nagarajan, A. ve Uchil, P. D. (2018b). Analysis of cell viability by the lactate dehydrogenase assay. *Cold Spring Harbor Protocols*, *2018*(6), pdb-prot095497.

Larramendy, M. ve Soloneski, S. (2018). *Genotoxicity: A predictable risk to our actual world*. BoD–Books on Demand.

Parker, C., Chambers, A. C., Flanagan, D. J., Ho, J. W. Y., Collard, T. J., Ngo, G., … Williams, A. C. (2022). BCL-3 loss sensitises colorectal cancer cells to DNA damage by targeting homologous recombination. *DNA Repair*, *115*, 103331. doi:10.1016/J.DNAREP.2022.103331

Repetto, G., del Peso, A. ve Zurita, J. L. (2008). Neutral red uptake assay for the estimation of cell viability/ cytotoxicity. *Nature Protocols*, *3*(7), 1125–1131. doi:10.1038/nprot.2008.75

Riss, T., Niles, A., Moravec, R., Karassina, N. ve Vidugiriene, J. (2019). Cytotoxicity assays: in vitro methods to measure dead cells.

Sarı, C., Kolaylı, S. ve Eyüpoğlu, F. C. (2021). A comparative study of MTT and WST-1 assays in cytotoxicity analysis. *Haydarpaşa Numune Medical Journal*, *61*(3), 281.

Sever, A., Toy, Y., Erdoğan, M. K. ve Gündoğdu, R. (2023). Kemoterapide Kullanılan Güncel Fitokimyasallar. *Muş Alparslan Üniversitesi Sağlık Bilimleri Dergisi*, *3*(1), 64–76.

Tokur, O. ve Aksoy, A. (2017). In vitro sitotoksisite testleri. *Harran Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, *6*(1), 112–118.

Vajrabhaya, L. ve Korsuwannawong, S. (2018). Cytotoxicity evaluation of a Thai herb using tetrazolium (MTT) and sulforhodamine B (SRB) assays. *Journal of analytical science and technology*, *9*(1), 1–6.

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

CACO-2 HÜCRE HATTINDA CİSPLATİN-AURORA B KOMBİNASYONUNUN İNCELENMESİ

INVESTIGATION OF CISPLATIN-AURORA B COMBINATION IN CACO-2 CELL LINE

Öğr. Gör. Dr. Aydın SEVER
Bingöl Üniversitesi,
asever@bingol.edu.tr- 0000-0002-6727-1556

ÖZET

Cisplatin birçok kanser türünde kullanılan önemli bir kemoterapik ajandır. Sahip olduğu güçlü sitotoksik özellik sebebiyle tüm dünyada çeşitli kanser türlerinin tedavisinde tercih edilmektedir. Cisplatinin daha düşük dozlarda etkinlik göstermesine yönelik stratejiler çok sayıda bilim insanı tarafından araştırılmaktadır. Hücre döngüsünün kontrollü bir şekilde gerçekleşmesini sağlayan Aurora kinazlar, kromozomların yoğunlaşmasında, ayrılmasında, iğ ipliklerinin oluşumunda kritik rol oynamaktadır. Bu kinaz ailesinin bazı kanser türlerinde artan ekspresyonu, Aurora kinaz inhibitörlerinin kanser tedavisinde etkili olabileceği sonucunu ortaya koymuştur. Kolon kanseri, erkek ve kadınlarda en sık görülen ve prognozu kötü olması sebebiyle tüm dünyada geniş bir kitleyi etkileyen kanser türüdür. Gelişen tedavi yöntemlerine rağmen bu kanser türünde yeterli başarı sağlanamamıştır. Bu sebeple yeni tedavi yaklaşımları kaçınılmaz olmaktadır. Bir veya birden fazla tedavi ajanının birlikte kullanılması olarak bilinen sinerjizm düşük dozda yüksek sitotoksiteyi hedeflemektedir.

Bu çalışmada Caco-2 hücre hattında cisplatin ve aurora B inhibitörünün gösterdiği antikanser özellik MTT ve Wound healing deneyleri ile araştırılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Kanser, cisplatin, Aurora B

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

2. GİRİŞ

Kanser, mutasyon sonrasında hücrelerde ortaya çıkan kontrolsüz hücre bölünmesinin görüldüğü bir hastalık grubudur. 100'den fazla çeşidi olan kanserde; hücrelerin çoğalması, apoptozis gibi hayati olayların işleyişi bozulmuştur (Pecorino, 2012; Alberts vd., 2017). Günümüz verilerine bakıldığında her yıl 20 milyon bireye kanser tanısı konulmaktadır. 10 milyon kişi ise kanser sebebiyle ölmektedir (Chhikara ve Parang, 2023). Yüksek görülme ve ölüm oranları sebebiyle kanser tüm dünyada geniş kitleleri etkileyen ve ivedi ile çözüm bulunması gereken bir hastalıktır (Miller ve diğerleri, 2019). Kolon ve rektumda görülen kanserler kolorektal kanser (KRK) olarak isimlendirilmektedir. Erkek ve kadınlarda en fazla teşhis edilen 3. Kanser türü olan KRK sebebiyle 2020 yılında 2 milyon civarında insan yaşamını yitirmiştir. Tespit edilen vakaların ekseriyeti gelişmiş ülkelerde gerçekleşmektedir. Ülkenin gelişmişlik düzeyi ile KRK sebebiyle görülen ölüm sayıları arasında doğru orantı olduğu belirtilmektedir. (Thanikachalam ve Khan, 2019) (Hossain ve diğerleri, 2022).

Güncel kanser tedavi yöntemlerine bakıldığında cerrahi, ilaç tedavisi, ışın tedavisi, bağışıklık tedavisi, hormon tedavisi, gen tedavisi gibi yaklaşımlar bulunmaktadır (Ghosh, 2019). Birçok tedavi yaklaşımının varlığına rağmen kanser tedavisinde yeterli başarı elde edilememiştir. Daha düşük dozlarda daha yüksek verimlilik elde etmek amacıyla muhtelif tedavi seçeneklerinin veya kemoterapik ajanın kombine edilmesi son dönemde ilgi duyulan yaklaşımlardan birisidir. Bu şekilde ilgili kemoterapik ajanların yüksek doz toksisitesinden hastaların korunması amaçlanmaktadır. Monoterapi yerine kombine tedavinin tercih edilmesinde birçok fayda bulunabilmektedir;

- Daha düşük dozda tedavi sağlamak
- İlaçtan sağlanan yararlanımın artırmak
- Oluşan/muhtemel direncin aşmak
- Direnç gelişen hücre hatlarında direncini kırmak
- Metastaz riskinin düşürmek
- Kanserin tekrar görülme ihtimalini düşürmek
- Tedavinin etkinliğini yükseltmek (Abotaleb ve diğerleri, 2019).

Cisplatin tüm dünyada çeşitli kanser türlerinin tedavisinde sıklıkla tercih edilen bir kemoterapik ajandır. Çeşitli mekanizmalar üzerinden etkinliğini gösteren bu ajanın hastalarda oluşturduğu olumsuz tabloların azaltılması bilim insanlarınca aşılması gereken önemli bir sorun olduğu bilinmektedir (Ghosh, 2019).

Aurora kinaz B, AURKB geni tarafından kodlanmaktadır. Hücre bölünmesinin birçok sürecinde aktif rol oynayan bir proteindir (Bolanos-Garcia, 2005; Vas ve Clarke, 2008). BI 831266 molekülü bir Aurora B inhibitörüdür. Kanser hücrelerinden artan aktivitenin azaltılması amacıyla üretilen bu molekül, çeşitli kanser türlerinin tedavisinde umut olabilme potansiyeli taşımaktadır. Bu çalışmada kolon kanseri hücre hattı olan caco-2'de cisplatin ve Aurora B inhibitörünün gösterdiği sinerjistik etki araştırılmıştır.

2. UYGULAMALAR

2.1. Hücre Canlılık Deneyi

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

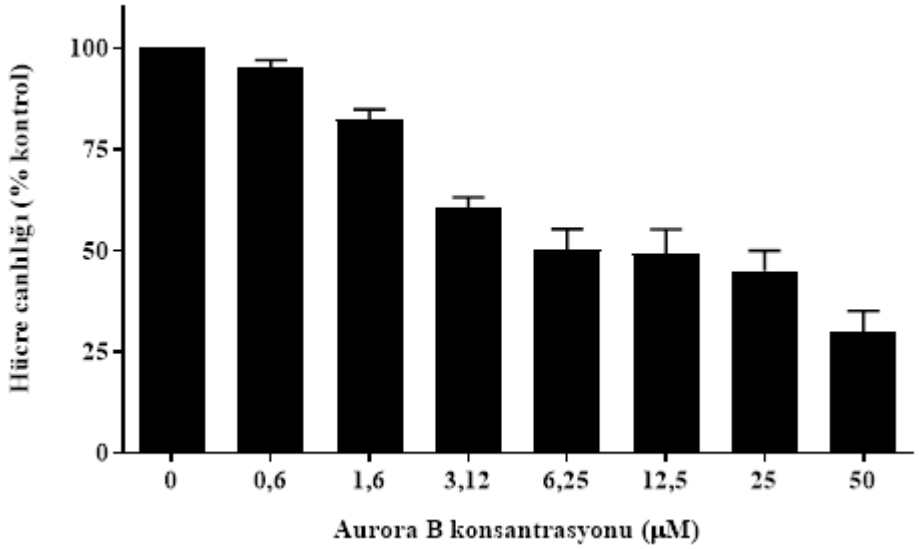
Hücre canlılığını belirlemek amacıyla 96 kuyucuklu plakanın her bir bölümüne 10 bin hücre ekimi gerçekleştirildi. Hücrelerin tutunduğundan emin olunduktan sonra, artan dozlarda cisplatin ve Aurora B inhibitörü ile 24 saat tedavi edildi. Süre sonundan DMEM aspire edildi (Kumar, Nagarajan ve Uchil, 2018).

2.2. Hücre Migrasyon Deneyi

Yara iyileşme deneyi hücrelerin migrasyon yeteneğini ölçmek amacıyla yapılan in vitro bir deneydir. 6 kuyucuklu plakalara ertesi gün tüm yüzeyi kapsayacak miktarda hücre ekimi gerçekleştirildi. Hücrelerin tutunduğundan emin olunduktan sonra 1 mL pipet ucu ile lineer yara alanı oluşturuldu. Ölü hücrelerin uzaklaştırılması için 2 defa PBS ile kuyucuklar yıkandı. Hücreler cisplatin ve Aurora B inhibitörü ile tedavi edildi. Monoterapi için IC50 değerleri, kombine tedaviler için IC25+IC25 dozları kullanıldı. 0.-12.-24. Saatlerde mikroskop altında yara alanının çekimleri fotoğraf çekimleri yapıldı(Zomer ve diğerleri, 2019).

3. SONUÇLAR VE DEĞERLENDİRME

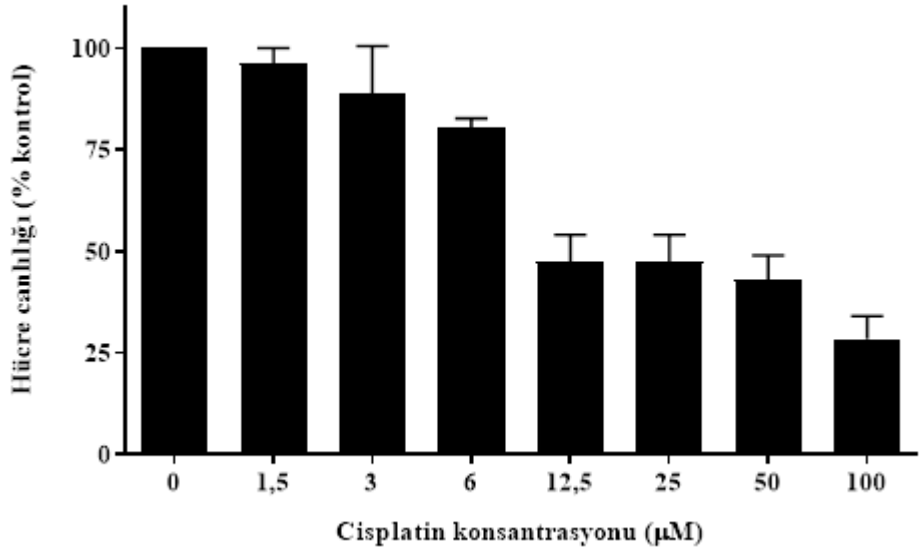
3.1. Hücre Canlılık Deneyi



Şekil 6 Aurora B inhibitörü sitotoksisite grafiği

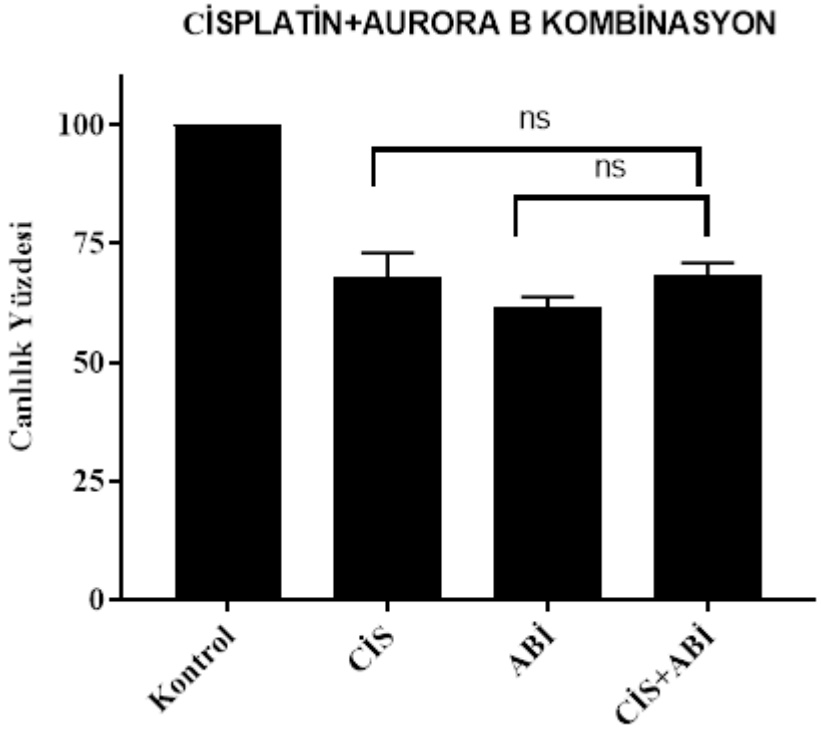
96 kuyucuklu plakaya ekilen caco-2 hücrelerinin artan konsantrasyonlarda Aurora B inhibitörü ile tedavi edilmesinin ardında IC50 değeri 47,8 µM olarak bulunmuştur.

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



Şekil 7 Cisplatin sitotoksisite grafiği

96 kuyucuklu plakaya ekilen caco-2 hücrelerinin artan konsantrasyonlarda Aurora B inhibitörü ile tedavi edilmesinin ardında IC50 değeri 15,8 µM olarak bulunmuştur.



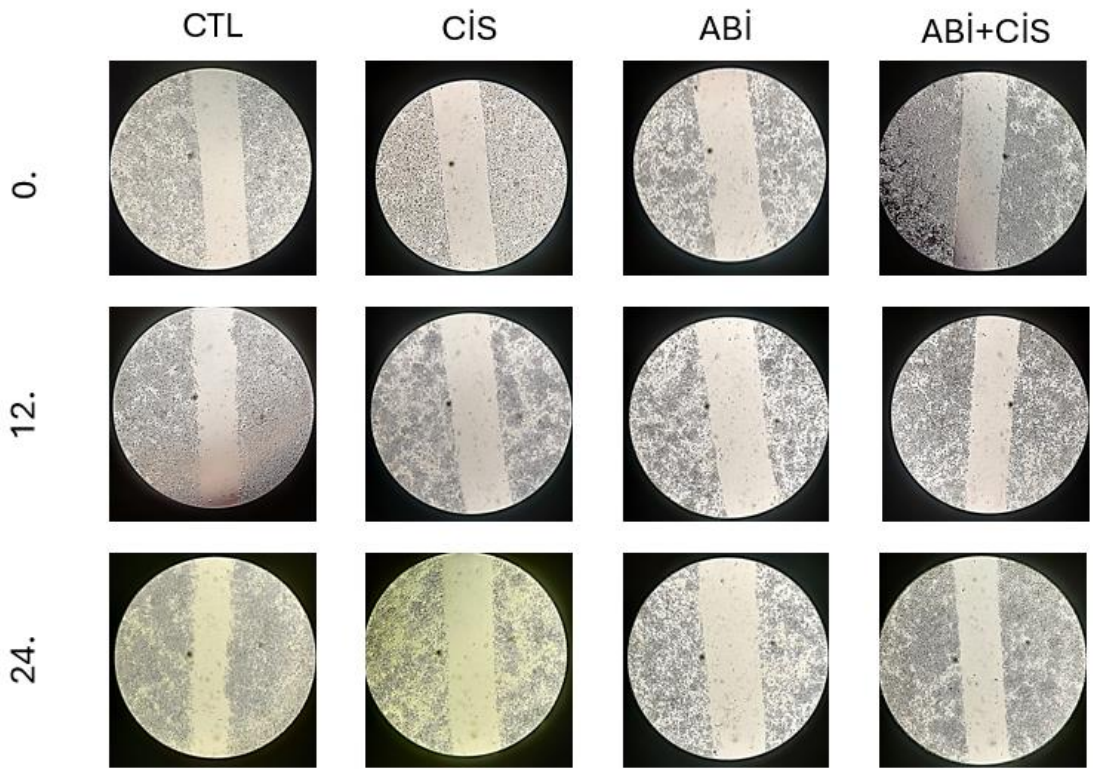
Şekil 8 Cisplatin ve Aurora B inhibitörü kombinasyon tedavisi canlılık grafiği (CİS: Cisplatin, ABİ: Aurora B inhibitörü, ns: Anlamlı fark yok)

Tespit edilen IC50 ve IC25 değerleri kullanılarak kombinasyon tedavisi gerçekleştirildi. 24 saatlik tedavi sonunda monoterapiye göre kombinasyon tedavisinin canlılık yönüyle bir fark oluşturmadığı tespit edildi.

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

3.2. Wound Healing Deneyi

Hücrelerin uygulanan tedavi karşısında göstermiş olduğu migrasyon yeteneğinin tespiti amacıyla yara iyileşme deneyi yapıldı. Monoterapi ve kombine tedavi sonrasında ortaya çıkan yara açıklığı alanları Şekil 4'te gösterilmiştir. Mono tedavilerde migrasyon yeteneği belirgin bir şekilde azalırken, kombine tedavide bir sinerjizm ortaya çıkmamıştır.



Şekil 9 Wound healing deneyi (CİS: Cisplatin, ABİ: Aurora B inhibitörü, ns: Anlamlı fark yok)

4. GENEL DEĞERLENDİRME VE SONUÇLAR

Birden fazla kemoterapik ajanın birlikte kullanılması son dönemlerde birçok araştırmacı klinisyen tarafından ilgi duyulan bir yaklaşımdır. Daha düşük dozlarda daha yüksek etkinin amaçlandığı bu tedavi tekniğinde daima sinerjizm ortaya çıkmamaktadır. Yaptığımız çalışmada kombine tedavi sonrası anlamlı bir fark oluşmadığı görüldü. Bu durumun teyidi için ileri deneyleri yapılması daha kesin sonuçlar ortaya koyacaktır.

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

KAYNAKLAR

Abotaleb, M., Samuel, S. M., Varghese, E., Varghese, S., Kubatka, P., Liskova, A. ve Büsselberg, D. (2019). Flavonoids in cancer and apoptosis. *Cancers*, *11*(1), 28. doi:10.3390/cancers11010028

Alberts, B., Johnson, A., Lewis, J., Morgan, D., Raff, M., Roberts, K. ve Walter, P. (2017). *Molecular Biology of the Cell*. (and P. W. B. Alberts, A. Johnson, J. Lewis, M. Raff, K. Roberts, Ed.)*Molecular Biology of the Cell* (4th editio.). Garland Science. doi:10.1201/9781315735368

Bolanos-Garcia, V. M. (2005). Aurora kinases. *International Journal of Biochemistry and Cell Biology*, *37*(8), 1572–1577. doi:10.1016/j.biocel.2005.02.021

Chhikara, B. S. ve Parang, K. (2023). Global Cancer Statistics 2022: the trends projection analysis. *Chemical Biology Letters*, *10*(1), 451.

Ghosh, S. (2019). Cisplatin: The first metal based anticancer drug. *Bioorganic Chemistry*, *88*, 102925. doi:10.1016/j.bioorg.2019.102925

Hossain, M. S., Karuniawati, H., Jairoun, A. A., Urbi, Z., Ooi, D. J., John, A., … Hadi, M. A. (2022). Colorectal Cancer: A Review of Carcinogenesis, Global Epidemiology, Current Challenges, Risk Factors, Preventive and Treatment Strategies. *Cancers*, *14*(7), 1732. doi:10.3390/cancers14071732

Kumar, P., Nagarajan, A. ve Uchil, P. D. (2018). Analysis of cell viability by the MTT assay. *Cold spring harbor protocols*, *2018*(6), pdb-prot095505.

Miller, K. D., Nogueira, L., Mariotto, A. B., Rowland, J. H., Yabroff, K. R., Alfano, C. M., … Siegel, R. L. (2019). Cancer treatment and survivorship statistics, 2019. *CA: a cancer journal for clinicians*, *69*(5), 363–385.

Pecorino, L. (2012). *Molecular Biology of Cancer: Mechanisms, Targets, and Therapeutics*. http://books.google.com/books?id=tI_vcU85QU4C&pgis=1 adresinden erişildi.

Thanikachalam, K. ve Khan, G. (2019). Colorectal cancer and nutrition. *Nutrients*, *11*(1), 164.

Vas, A. C. J. ve Clarke, D. J. (2008). Aurora B kinases restrict chromosome decondensation to telophase of mitosis. *Cell Cycle*, *7*(3), 293–296. doi:10.4161/cc.7.3.5381

Zomer, H. D., Varela, G. K. dos S., Delben, P. B., Heck, D., Jeremias, T. da S. ve Trentin, A. G. (2019). In vitro comparative study of human mesenchymal stromal cells from dermis and adipose tissue for application in skin wound healing. *Journal of tissue engineering and regenerative medicine*, *13*(5), 729–741. doi:10.1002/TERM.2820

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

SIRADIŞI KARACİĞER KİST HİDATİK KOMLİKASYONU: KİSTOTOKOLESİSTİK FİSTÜL

Doç. Dr. OKTAY AYDIN
Kırıkkale Üniversitesi Tıp Fakültesi,
droktayaydin@gmail.com - ORCID ID: 0000-0001-5728-0128

Doç. Dr. FARUK PEHLİVANLI
Kırıkkale Üniversitesi Tıp Fakültesi,
drfapeh@hotmail.com - ORCID ID: 0000-0002-2175-8756

Opr. Dr. İLKER KAPLAN
Ermenek Devlet Hastanesi,
lkrkpln@gmail.com - ORCID ID: 0000-0002-2216-4730

ÖZET

Kist hidatik (ecchynoccocus granulosus); sıklıkla gelişmekte olan ülkelerde görülen parazitik bir hastalıktır. İnsanlarda, hidatik hastalığı vakaların yaklaşık %75'inde karaciğerde, %15'inde akciğerde ve %10'unda diğer anatomik yerlerde tutulum gösterir. Karaciğerde kist hidatik tutulumunun komplikasyonları; süperenfeksiyon, safra kesesi içerisine rüptür, periton ve plevra boşluğuna rüptür, kolanjit, obstrüktif ikter, peritonit veya intra abdominal apse olabilir. Karaciğer hidatik kistinin safra kesesine ve safra yoluna eş zamanlı rüptüre olması çok nadir olarak gözlenir. Karaciğer kist hidatiğine fistülize safra kesesi tanısının konulması oldukça zordur. Radyoloji ve cerrahi bölümleri arasında işbirliği gerektirir. Sunduğumuz olguda 65 yaşında atipik bir semptomatolojiyle ortaya çıkan karaciğerin komplike kist hidatiğine fistülize safra kesesi vakasını sunduk ve ardından bu patolojiyle ilgili literatürü inceledik.

Anahtar Kelimeler: kist hidatik, safra kesesi, kolesisto-hidatik kist, fistül

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

GİRİŞ

Kist hidatik (ecchynoccocus granulosus); sıklıkla gelişmekte olan ülkelerde görülen parazitik bir hastalıktır [1, 2]. Ecchynoccocus granulosus bağırsak duvarını geçip lenf sistemine veya portal venöz sisteme ulaştığında, ilk savunma hattı olarak karaciğer görev yapar. Bu nedenle karaciğer en sık etkilenen organdır. İnsanlarda, hidatik hastalığı vakaların yaklaşık %75'inde karaciğerde, %15'inde akciğerde ve %10'unda diğer anatomik yerlerde tutulum gösterir [1]. Özellikle, karaciğerin sağ hepatik lobu vakaların %80'inde, sol hepatik lob ise %20'sinde etkilenir [3]. Karaciğerde kist hidatik tutulumunun komplikasyonları; süperenfeksiyon, safra kesesi içerisine rüptür, periton ve plevra boşluğuna rüptür, kolanjit, obstrüktif ikter, peritonit veya intra abdominal apse olabilir [2, 3]. Karaciğer hidatik kistinin safra kesesine ve safra yoluna eş zamanlı rüptüre olması çok nadir olarak gözlenir [2]. Etyopatogenezi bilinmemekle birlikte, akut kolesistit ile kist hidatik fistülleri arasındaki ilişki hakkında birkaç teori vardır. Bunlar; akut kolesistitin neden olduğu bir iltihap veya kistin safra kesesine açılmasına yol açan bir hidatik kist tarafından oluşturulan safra kesesinin iltihabıdır [4, 5].

Karaciğer kist hidatiğine fistülize safra kesesi tanısının konulması oldukça zordur. Radyoloji ve cerrahi bölümleri arasında işbirliği gerektirir. Ultrasonografi (USG), bilgisayarlı tomografi (BT), manyetik rezonans (MR) fistül hattını gösterebilir, ancak endoskopik retrograd kolanjiyopankreatografi (ERCP) fistülizasyonu ayrıntılı olarak tespit edebilir [3]. Nadir vakalarda tanı yalnızca laparotomi ile konulabilir. Bu makalenin amacı, atipik bir semptomatolojiyle ortaya çıkan karaciğerin komplike kist hidatiğine fistülize safra kesesi vakasını bildirmek ve ardından bu patolojiyle ilgili literatürü gözden geçirmektir.

OLGU SUNUMU

Altmışbeş yaşında kadın hasta bilinen diabetus mellitus ve hipertansiyon tanıları mevcut olup üç gündür devam eden karın ağrısı ve bulantı şikayetiyle acil servise başvurdu. Özgeçmişinde bir yıl kadar önce perikardiyosentez yapıldığı ve kist hidatik nedeniyle takipli olduğu öğrenildi. Fizik muayenede batında defans ve rebaund tespit edilmedi. Bulantı ve kusma yoktu. Laboratuvar bulgularında beyaz küre: 28,25 x 10^3 uL, Crp: 397 mg/L, Na: 124 mEq/L, AST:350 U/L, ALT: 236 U/L, ALP: 175 IU/L, GGT: 130 U/L, kreatin: 3.96 mg/dL tespit edilmiş olup diğer biyokimyasal ve hematolojik bulgularda anormallik yoktu. Hastanın tüm abdominal bilgisayarlı tomografisinde: karaciğer segment 5-6 ağırlıklı yaklaşık 112x87x95 mm boyutlarında apse ve karaciğer sağ lob inferiorunda ve safra kesesi çevresi yağ dokularda inflamasyon bulguları mevcuttu. (Görsel 1,2,3). Mevcut bulgularla akut karın, karaciğer apsesi ve perfore safra kesesi tanılarıyla hastaya laparotomi kararı alındı. Sağ subkostal kesi ile laparotomi sonrası eksplorasyonda karaciğer sağ lob segment 5-6'da yer alan hidatik kistin safra kesesi ile fistülize olduğu ve sonrasında apse formasyonu oluştuğu görüldü. Karaciğerde kist içerisindeki apse drene dildi ve hipertonik salin infüzyonu sonrası perikist kapitonaj işlemi yapılarak kist aspirasyonu sağlandı. Kolesistektomi operasyonu da yapılarak hem karaciğer kist hidatik lojuna hem de foramen winslova drenaj katateri yerleştirilip ameliyat sonlandırıldı. Hastanın takiplerinde karaciğer kist lojundan safralı içerik drenajı olması üzerine MRCP (manyetik rezonans kolanjiyopankreatografi) görüntülemesi yapıldı (Görsel 4). Sonrasında

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

ERCP (endoskopik retrograd kolanjiyopankreatografi) ile sfinkteroromi yapılarak drenaj sağlandı. Hasta postoperatif 15.günde şifa ile taburcu edildi.

3. TARTIŞMA

Kist hidatik (Ecchynoccocus granulosus); insanlarda en yaygın olarak karaciğer tutulumu göstermektedir [5]. Genelde komplikasyonlar ortaya çıktığında keşfedilebilir. Karın ağrısı safra kesesi hidatik kistlerinin en yaygın semptomudur ve bazı vakalarda tek semptom olabilirken, bulantı, kusma, ateş ve sarılık gibi diğer semptomlar da mevcut olabilir. Diğer komplikasyonları; kistin hacmindeki artışa bağlı olarak çevreleyen yapılara (safra kanalları, duodenum) bası ve safra kanallarında kistin yırtılması ile beraber bakteriyel süperenfeksiyondur. Bu durumda, sağ hipokondriyal ağrı, kutanöz-mukozal sarılık ve ateşle birlikte kolanjit oluşabilir [6, 7].
Genel olarak, kist rüptürü karaciğer hidatik hastalığının en yaygın komplikasyonudur. Rüptür klinik semptomlarda sessiz kalsa da, kist sıvısının antijenik özellikleri yaşamı tehdit eden anafilaktik reaksiyona neden olabilir [8]. Karaciğerin hidatik kistinin fistülü %55 oranında sağ safra kanalına, %25 oranında sol safra kanalına ve nadiren safra kesesine olur [1, 4]. Bu fenomene yol açan mekanizma üç faktöre dayanmaktadır; perikistte küçük safra kanalı radiküllerinin varlığı, hidatik kist duvarının durumu ve ekinokok kisti içeriğinin basınç seviyesidir [8]. Safra kesesi içi rüptürün inflamasyonla birlikte artan intrakistik basıncın nekroza neden olması sonucu fistülizasyonu oluşturduğu düşünülmektedir [4]. Hidatik kistin safra kesesine rüptürü obstrüktif tipte sarılık oluşturabilir veya kolanjit olarak ortaya çıkabilir. Akut kolanjit, rüptüre olmuş hidatik kist içeriğinin safra yollarına kaçması sonucu oluşan en yaygın sendromdur [5]. Bu komplikasyondan muzdarip hastalar genellikle sağ üst kadranda karın rahatsızlığı veya ağrısı, obstrüktif sarılık, ateş, akut kolanjit atakları, nadiren akut pankreatit, karaciğer apsesi veya septisemi ile başvururlar. Biyokimyasal çalışmalara göre, alkalen fosfataz (ALP), γ-glutamiltransferaz (γGT), toplam ve direkt bilirubin büyük olasılıkla yükselecektir [8-10]. Hastamızda literatürle uyumlu olarak karaciğer enzimleriyle birlikte alkalen fosfataz (ALP), γ-glutamiltransferaz (γGT) değerlerindede yükseklik mevcuttu.

Görüntüleme yöntemleri olarak özellikle ultrasonografi ve BT taramaları tanı ve sınıflandırma için önemlidir. Özellikle atipik yerlerde MRI da kullanılabilir [1]. Endoskopik retrograd kolanjiyopankreatografi ve perkütan transhepatik kolanjiyografi, fistül hattını daha ayrıntılı olarak gösterebilir [3]. ERCP hem tanısal hem de terapötiktir ve karaciğer hidatik kistinin intrabiliyer rüptürü tedavisinde altın standart olarak kabul edilir [9]. Olgumuzda tanıda BT kullanılmış olup oluşan safra fistülü ERCP ile tedavi edildi.

Fistüllerin yönetimi; kist sayısı, kist tipi, kistin lokalizasyonu, fistülün boyutu, dahil olan safra dalı, hastanın klinik durumu, karaciğer fonksiyonu ve son olarak cerrahın deneyimi gibi birçok faktöre bağlıdır [8]. Karaciğer hidatik kistleri için cerrahi seçenekler konservatif (parankimi koruyan) ve radikal (karaciğer rezeksiyonu) prosedürler olarak ikiye ayrılır. Konservatif prosedürler kistin boşaltılması ve endokistin çıkarılmasıyla kistin duvarının açılmasını içerir. Bu prosedür basittir, hızlıdır ve düşük kanama ve mortalite riski vardır [7]. Radikal prosedürler segmentektomi gibi karaciğer anatomik rezeksiyonlarını veya kistoperisistektomi gibi anatomik olmayan rezeksiyonlardır. Total perikistektomi ve nadiren

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

düzenlenen hepatektomi, geride kalan bir boşluk bırakma şansını ve safra fistülünün tedavisinin neden olduğu zorlukları en aza indirme avantajına sahiptir. Ancak, yine de önemli bir kanama riski olan teknik olarak zor bir prosedür olmaya devam etmektedir [7]. Safra kesesi ve safra kanallarında rüptür olması durumunda, tedavi stratejisi tıbbi yollarla sepsisin acil kontrolünü takiben gecikmeli acil kolesistektomi ve safra kanallarının cerrahi drenajı ve kistin peri-kistektomi veya antihelmintik tedavinin uygulanmasıyla karaciğer rezeksiyonu ile çıkarılmasından oluşur [2, 6, 11]. Olgumuzda cerrahi tedavide konservatif (parankimi koruyan) yöntem tercih edildi.

4. SONUÇ

Karaciğer hidatik kistleri, sıklıkla atipik semptomatolojiye sahip ciddi komplikasyonların ortaya çıkmasıyla belirginleşebilir. Kalsifiye formlar çoğunlukla inaktiftir ve spesifik bir tedavi gerektirmez. Bununla birlikte safra kanallarına rüptür gibi komplikasyonlar görülebilir. Karaciğer hidatiğinin intrabiliyer rüptürünün gecikmiş tanısı ve tedavisi başlıca sepsis ve karaciğer yetmezliği olmak üzere mortalite ile ilişkilidir. Bu tür vakalarda hızlı tanı ve tedavi esastır [9]. Kolesisto-hidatik fistüllü hastaların yönetimi radyoloji ve cerrahi bölümleri arasında yakın işbirliği gerektirir. Zamanında tanı ve yönetim başarılı tedavinin anahtarıdır [12].

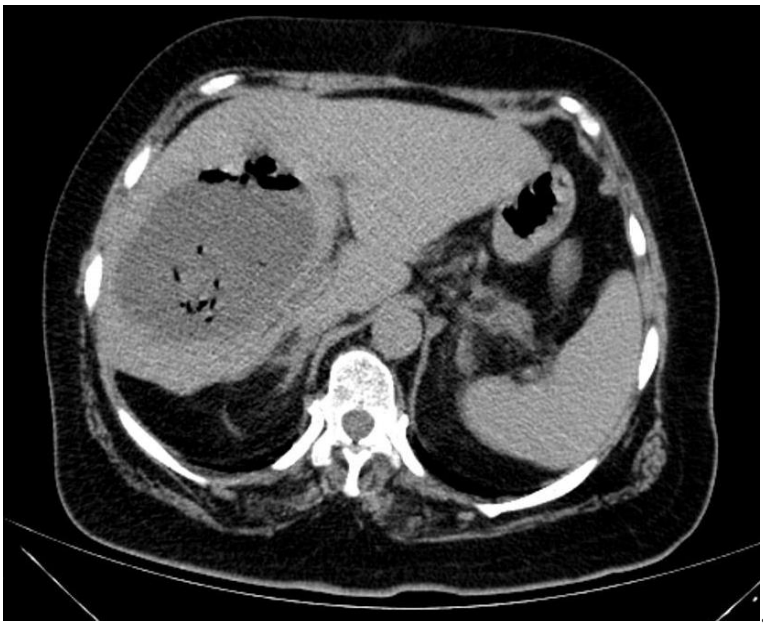
ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

KAYNAKÇA

1. Pedrosa I, Saíz A, Arrazola J, Ferreirós J, Pedrosa CS: **Hydatid Disease: Radiologic and Pathologic Features and Complications 1: (CME available in print version and on RSNA Link)**. *Radiographics* 2000, **20**(3):795-817.
2. Badar M, Imran Bashir M, Asad M, Muhammad Ashraf S, Saira S, Ahsan Altaf S: **Cholecysto-hydatid cyst fistula**. 2008.
3. Singh K: **Complications of hydatid cyst of liver and its management: a review**. *Asian Pac J Health Sci* 2021, **8**:114-118.
4. Sharma BC, Reddy RS, Garg V: **Endoscopic management of hepatic hydatid cyst with biliary communication**. *Digestive Endoscopy* 2012, **24**(4):267-270.
5. Zaouche A, Haouet K, Jouini M, El Hachaichi A, Dziri C: **Management of liver hydatid cysts with a large biliocystic fistula: multicenter retrospective study. Tunisian Surgical Association**. *World journal of surgery* 2001, **25**(1):28-39.
6. Sielaff TD, Taylor B, Langer B: **Recurrence of hydatid disease**. *World journal of surgery* 2001, **25**(1):83.
7. Ossibi PE, El Bouhadoutti H, Laalim SA, Oussaden A, Mazaz K, Taleb KA: **Rupture of liver hydatid cyst into gall bladder**. *Surgical Science* 2015, **6**(7):301-303.
8. Yiallourou AI, Nastos C, Theodoraki K, Papaconstantinou I, Theodosopoulos T, Vassiliou I, Arkadopoulos N, Smyrniotis V: **Surgical Management of major complications of hydatid cysts of the liver-a review of the literature**. *Ann Clin Cytol Pathol* 2017, **3**(1):1049.
9. Wani I, Bhat Y, Khan N, Mir F, Nanda S, Shah OJ: **Concomitant rupture of hydatid cyst of liver in hepatic duct and gallbladder: case report**. *Gastroenterology Research* 2010, **3**(4):175.
10. Yücesoy AN, Poçan S: **Secondary gallbladder hydatidosis and nonfragmanted germinative membrane sourced obstructive jaundice caused by intrabiliary ruptured hepatic hydatid cyst (a case report): two rare complication of the intrabiliary ruptured hepatic hydatid cyst**. *Hepatobiliary Surgery and Nutrition* 2014, **3**(4):209.
11. Murtaza B, Malik IB, Mahmood A, Sharif MA, Saeed S, Satti AA: **Cholecysto-hydatid cyst fistula**. *J Coll Physicians Surg Pak* 2008, **18**:778-780.
12. Kırmacı MB, Akay T, Özgül E, Yılmaz S: **Cholecysto-Hydatid Cyst Fistula: A Rare Cause of Cholangitis**. *The American Journal of Case Reports* 2020, **21**:e921914-921911.

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

GÖRSELLER:

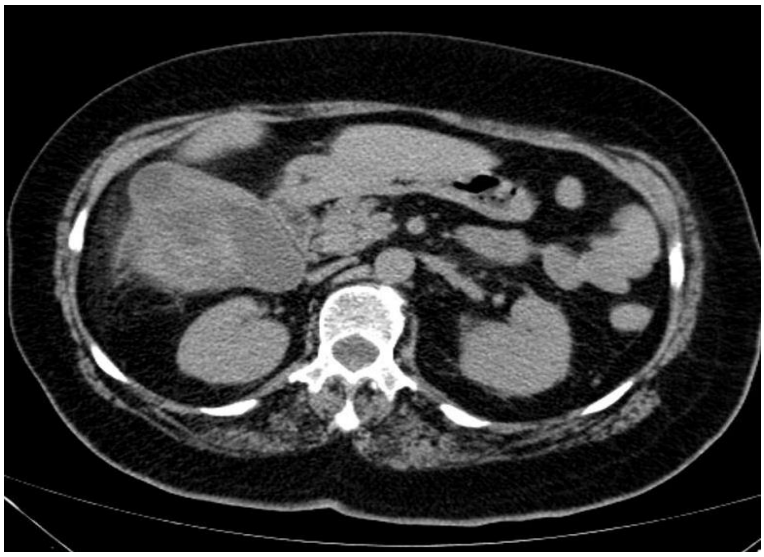


Görsel 1: Aksiyel kesit abdomen bilgisayarlı tomografide karaciğer sağ lobda kist hidatik ile uyumlu görünüm



Görsel 2: Koronal kesit abdomen bilgisayarlı tomografide karaciğer sağ lobda kist hidatik ile uyumlu görünüm

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



Görsel 3: Aksiyel kesit abdomen bilgisayarlı tomografide karaciğer kist hidatik ile safra kesesi arasındaki fistülizasyon



.

Görsel 4: Postoperatif MRCP görüntüsünde karaciğer kist hidatik ile safra kesesi arasındaki fistülizasyon

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

NADİR AKUT KARIN SEBEBİ: JEJUNAL VOLVULUS

Doç. Dr. FARUK PEHLİVANLI

Kırıkkale Üniversitesi Tıp Fakültesi,

drfapeh@hotmail.com - ORCID ID: 0000-0002-2175-8756

Doç. Dr. OKTAY AYDIN

Kırıkkale Üniversitesi Tıp Fakültesi,

droktayaydin@gmail.com - ORCID ID: 0000-0001-5728-0128

Opr. Dr. İLKER KAPLAN

Ermenek Devlet Hastanesi,

lkrkpln@gmail.com - ORCID ID: 0000-0002-2216-4730

ÖZET

İnce bağırsak volvulusu kliniklerde nadir görülen ve yaşamı tehdit eden cerrahi acil durumdur. Volvulusun yaklaşık %75'i kolonda ve %25'i ince bağırsakta meydana gelir. İnce bağırsak volvulusu, bağırsak kıvrımlarının kendi mezenterinin ekseni etrafında anormal bir şekilde bükülmesi ve mezenterik damarların bükülüp tıkanmasına neden olarak bağırsak tıkanıklığına, venöz kanlanmaya, kangrene ve perforasyona yol açar. İnce bağırsak volvulusu yenidoğanlarda ve genç yetişkinlerde daha sık görülürken yetişkinlerde çok nadir görülür. Bağırsak volvulusunda mortalite riskini iki katına çıkaran gangrenöz komplikasyonlar açısından erken cerrahi zorunludur. Yetmiş altı yaşında daha önceden apendektomi ameliyatı geçiren akut karın ile başvuran hastada ince bağırsak segmentlerinin mezosu etrafında torsiyone olduğu, bağırsak volvulusuna ve kangrene yol açmasıyla oluşan jejunal volvulus vakasını bildiriyoruz.

Anahtar Kelimeler: Jejenum, volvulus, ince barsak obstrüksiyonu

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

GİRİŞ

İnce bağırsak volvulusu, ince bağırsağın bir segmentinin ve mezenterinin torsiyonu ile karakterize, gastrointestinal obstrüksiyonun nadir ve yaşamı tehdit eden bir klinik durumdur. İlk defa 16. yüzyılda Riverius tarafından tanımı yapılmış olup daha geniş bir tanımlama ise 1836 yılında Rokitansky tarafından yapılmıştır [1, 2]. Herhangi bir predispozan faktör olmaksızın primer veya konjenital veya edinilmiş lezyonlara sekonder olarak sınıflandırılabilir. Batı Dünyası'nda vakaların %1-4'ünü oluştururken Asya, Afrika ve Orta Doğu'da vakaların %20-35'ine kadar çıkar [3]. İnce bağırsak volvulusunun preoperatif tanısı, spesifik klinik sunumun ve patognomonik radyografik ve laboratuvar bulgularının olmaması nedeniyle çok zordur [4]. İnfant ve çocuklarda daha sık görülmekle birlikte yetişkinlerde nadiren rastlanan ve acil cerrahi gerektiren intestinal obstrüksiyon yapan sebeplerden biridir. Biz de ileus ve akut karın bulgularıyla acil servise başvurmuş jejunal volvulus vakamızı sunarak literatüre katkıda bulunmak istedik.

OLGU SUNUMU

Acil servise ani başlayan karında şişlik, bulantı, kusma, çarpıntı ve çok belirgin olmayan karın ağrısı şikayetleri ile başvuran 76 yaşında kadın hastanın fizik muayenesinde minimal hassasiyet mevcuttu. Özgeçmişinde yedi yıldır Parkinson hastalığı ve 4 yıl önce yapılan apendektomi ameliyatı dışında özellik yoktu. Kan testlerinde WBC: 22.790/ml, CRP: 5.8 mg/l idi. Ayakta direkt batın grafide bağırsaklarda yaygın distansiyon ve seviyelenme vardı (Görsel 1). Batın BT'de batın içerisinde ileal anslarda 42 mm'ye ve jejunal anslarda 45 mm'ye varan, duodenum ve midede de gözlenen belirgin çap artışı ve hava sıvı seviyelenmeleri izlendi. Batın orta hatta SMA inferiorunda saat yönünde 270 derece rotasyon izlendi. Bulgular öncelikle midgut volvulus lehine değerlendi. (Görsel 2). Hasta akut karın ve intestinal obstrüksiyon bulgularıyla acil olarak laparatotiye alındı. Yapılan eksplorasyonda trietzdan itibaren 70 cm'den başlayan 170 cm'ye kadar kendi mezosu etrafında yapışıklığa bağlı rotasyone uğradığı ve jejunal volvulusa neden olduğu görüldü (Görsel 3). Bu bağırsak segmentinin dilate ve kanlanmasının bozulduğu görüldü. Gangrene olan bağırsak segmenti rezeke edilip yan-yana anastomoz yapıldı. Takiplerinde problem olmayan hasta postoperatif 6. günde sorunsuz olarak taburcu edildi.

TARTIŞMA

İnce bağırsak volvulusu tüm bağırsak tıkanıklıklarının %5'inden azını temsil eder. İnce bağırsak volvulusu ince bağırsak tıkanıklıklarının %25'ini oluşturur [1]. İnce bağırsak volvulusu nadir görülen ve yaşamı tehdit eden bir cerrahi acil durumdur [2]. Volvulusun yaklaşık %75'i kolonda ve %25'i ince bağırsakta meydana gelir [3]. İnce bağırsak volvulusu, bağırsak segmentinin kendi mezenterinin ekseni etrafında anormal bir şekilde bükülmesi ve mezenterik damarların bükülmesine ve tıkanmasına yol açarak bağırsak tıkanıklığına, venöz kanlanma bozukluğuna, gangrene ve perforasyona neden olmasıdır [1, 2]. İnce bağırsak volvulusu yenidoğanlarda ve genç yetişkinlerde daha yaygındır ve yaşlılarda çok nadirdir [4]. Görülme sıklığı Orta Doğu, Asya ve Orta Afrika ülkelerinde yüksek (100.000 kişide 24-60) iken Batı ülkelerinde düşüktür (100.000 kişide 1,7-5,7) [5]. Bu bölgesel farklılıkların kesin nedeni bilinmemekle birlikte,

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

muhtemelen diyet faktörleriyle ilgilidir. Uzun süreli oruçtan sonra lif tüketimi (örneğin Ramazan ayında Müslümanlar) boş bağırsağın aniden aşırı yüklenmesine neden olur ve bu da bağırsak peristaltizmini tetikleyerek ince barsak volvulusuna yol açabilir [4].

İnce bağırsak volvulusu, nedene göre primer ve sekonder alt tipler olarak sınıflandırılabilir. Primer ince barsak volvulusu, altta yatan anatomik anormallikler veya yatkınlık faktörleri olmadan ortaya çıkar ve çoğunlukla çocuklarda ve genç yetişkinlerde görülür. Birçok mekanizması öne sürülmüştür; bunlar arasında güçlü ön karın kas tonusu, bağırsağın yüksek peristaltik tonusu, uzun süreli açlıktan sonra ince bağırsakta hacimli, yüksek lifli öğün, daha uzun mezenterik uzunluk ve ince bağırsak segmentinin anormal hareketliliğine izin veren kısa mezenterik kök bulunur [6]. Sekonder ince barsak volvulusu genellikle 40 ila 90 yaşları arasında görülür, batı ülkelerinde daha yaygındır ve ince barsak volvuluslarının %78 ila %90'ını oluşturur [7]. Sekonder ince barsak volvulusu postoperatif yapışıklıklar, fibröz bant, Meckel divertikülü, bağırsağın konjenital malrotasyonu, tümörler, mezenterik lenf düğümleri, parazitik enfestasyonlar, internal herniler, lipomlar, gebelik, endometriozis, hematomlar, anevrizmalar, tüberküloz, bağırsak duplikasyonu, ince bağırsak divertikülü, paraduodenal herni nedeniyle oluşur [6-9]. Bizim olgumuzda geçmiş yıllarda geçirilmiş apendektomi operasyonuna bağlı postoperatif yapışıklık mevcuttu.

Klinik olarak ince barsak volvulusunda mezenterik iskemi ve bağırsak nekroz olmadan müdahele etmek için erken tanı esastır. İnce barsak volvulusunda akut vasküler yetersizlik, peritonit veya gastrointestinal obstrüksiyonun derecesi ile ilişkili olmayan karın ağrısı ile gelebilir. Yani kliniği belirsiz semptom ve bulgularla ortaya çıkabilir [10]. Bizim vaka raporumuzda hasta, peritoneal bulgular olmadan gastrointestinal obstrüksiyon semptom ve bulguları gösterdi. Hastamızda karın ağrısı belirgin olmayıp distansiyon, bulantı ve kusma gibi bulgular mevcuttu. Bu da hastanın Parkinson hastası olması nedeniyle muayenye oryante olamamasına bağlanabilir.

İnce barsak volvulusunun ameliyat öncesi tanı çalışmaları düz karın radyografisi, ultrasonografi (US), Renkli Doppler US ve karın BT'yi içerir [11]. Düz karın radyografisinin ince bağırsak volvulusunu teşhis etmede doğruluğu düşüktür, bağırsak tıkanıklığının (hava-sıvı seviyeleri, genişlemiş bağırsak kıvrımları), iskemi veya nekroz (başparmak izi, pnömatozis intestinalis, portal ven gazı) belirtilerini spesifik olmayan şekilde gösterebilir. Renkli dopler ultrason US bağırsağın mezenterinin etrafında bükülmesini gösterebilir [12]. Renkli Doppler US, ince bağırsak kıvrımlarının ve üst mezenterik venin üst mezenterik arter etrafında dönmesini gösterebilir ve buna "girdap işareti" denir ve sırasıyla %92, %100 ve %100 duyarlılık, özgüllük ve pozitif öngörü değeri vardır [13]. Yapılan çalışmalarda abdominal BT'nin, volvulusun neden olduğu obstrüksiyon seviyesinin ve nedeninin saptanması konusunda daha yüksek oranda duyarlılık, doğruluk ve özgüllüğe sahip olduğu görülmüştür [14]. Sunduğumuz olguda tomografi bize tıkanıklık seviyesi hakkında daha fazla bilgi vermiştir. Çoğu vakada klinik muayene ve laboratuvar testleri ameliyat öncesi tanı için yeterli olmamaktadır. Bu vakalar için literatür bilgilerine göre preoperatif tanısı çok zor konmakta hatta imkansızdır [1].

İnce bağırsak volvuluslarının tedavisi cerrahidir. Hastalara tanının erken konması ve tedavide laparoskopik yöntemler kullanılabilir [2]. Bazı durumlarda vakaya uygun olarak, detorsiyon ya

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

da anastomoz yapılabilir. Detorsiyon yapılan olgularda tekrar volvulus gelişme ihtimali olabilir. Gangren olsun veya olmasın rezeksiyon ve anastomoz yapılmasının daha uygun olduğu ileri sürülmekle birlikte yayınlarda bu farklı iki cerrahi uygulamaların hangisinin üstün olduğu ortaya konulamamıştır. Bu klinik çalışmaların çoğunun prospektif ve randomize olmaması sebebiyle ve uzun süreli sonuçları da mevcut değildir [5]. Bizim olgumuzda da barsak dolaşımı bozulduğu için gangrene kısım rezeke edlilip yan-yana anastomoz yapılmıştır.

SONUÇ

Sonuç olarak, ince bağırsak volvulusu kliniklerde nadir görülen ve yaşamı tehdit eden cerrahi acil durumdur . Gangrenöz komplikasyonlar çıktığı zaman mortalite riski iki kat artması bakımından ince bağırsak vovuluslarında erken cerrahi zorunludur. Karın ağrısına neden olup akut karın ile başvuran hastalarda mutlaka aklımızda bulunması gereken acil bir durumdur. Cerrahi müdahele ne kadar erken yapılırsa tedavi açısından başarı şansı yüksektir.

KAYNAKLAR

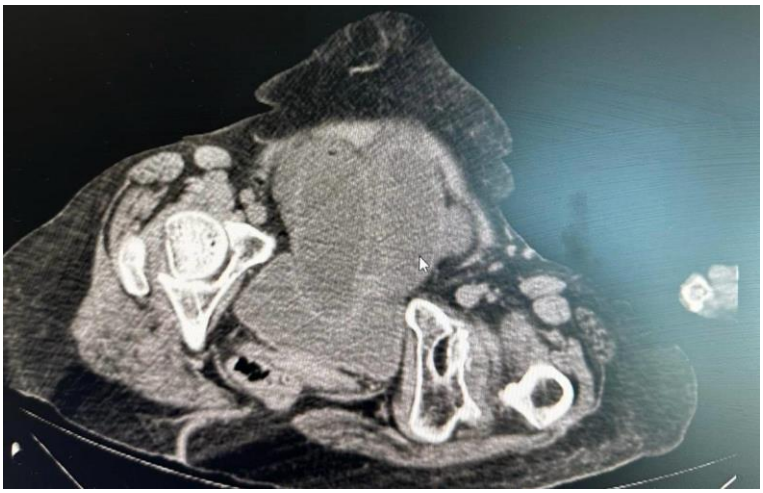
1. Andromanakos N, Filippou D, Pinis S, Kostakis A: **An unusual synchronous ileosigmoid and ileoileal knotting: a case report**. *Journal of Medical Case Reports* 2014, **8**:1-4.
2. Şimşek T, Güler SA, Çakır Ö, Utkan NZ, Cantürk NZ: **Nadir Akut Karın Sebebi İnce Bağırsak Volvulusu: Bir Olgu**. *Causapedia* 2018, **7**(3):174-178.
3. Lepage-Saucier M, Tang A, Billiard J-S, Murphy-Lavallée J, Lepanto L: **Small and large bowel volvulus: Clues to early recognition and complications**. *European journal of radiology* 2010, **74**(1):60-66.
4. Li X, Zhang J, Li B, Yi D, Zhang C, Sun N, Lv W, Jiao A: **Diagnosis, treatment and prognosis of small bowel volvulus in adults: A monocentric summary of a rare small intestinal obstruction**. *PloS one* 2017, **12**(4):e0175866.
5. Iwuagwu O, Deans G: **Small bowel volvulus: a review**. *Journal of the Royal College of Surgeons of Edinburgh* 1999, **44**(3).
6. Faizan S, Jain AKC, Thimmappa D: **Primary ileal volvulus: a rare cause of small intestinal obstruction**. *International Surgery Journal* 2020, **7**(4):1304-1306.
7. Gürleyik E, Gürleyik G: **Small bowel volvulus: a common cause of mechanical intestinal obstruction in our region**. *European Journal of Surgery* 1998, **164**(1):51-55.
8. Agrawal S, Yadav AR, Nepal B, Upadhyay PK: **Primary ileal volvulus: a rare twist in an elderly patient—case report**. *BMC surgery* 2020, **20**:1-4.
9. Evola G, Scravaglieri M, Di Fede GF, Di Stefano C, Sarvà S, Piazza L: **Jejunal volvulus within an inguinal hernia sac like as an extremely rare cause of acute mechanical gastrointestinal obstruction in adults: First literature report**. *International Journal of Surgery Case Reports* 2022, **91**:106757.
10. Bauman ZM, Evans CH: **Volvulus**. *Surgical Clinics* 2018, **98**(5):973-993.
11. Papadimitriou G, Marinis A, Papakonstantinou A: **Primary midgut volvulus in adults: report of two cases and review of the literature**. *Journal of Gastrointestinal Surgery* 2011, **15**:1889-1892.
12. Barakat B, Pezzilli R: **Volvulus of ileum: A rare case of small bowel obstruction and the effectiveness of abdominal ultrasound imaging for the diagnosis**. *Emergency Care Journal* 2019, **15**(2).
13. Shyam DC, Shyam RC: **Small bowel volvulus in adult: a review of literature**. *European Journal of Medical and Health Sciences* 2020, **2**(3).
14. Suri S, Gupta S, Sudhakar P, Venkataramu N, Sood B, Wig J: **Comparative evaluation of plain films, ultrasound and CT in the diagnosis of intestinal obstruction**. *Acta radiologica* 1999, **40**(4):422-428.

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

GÖRSELLER

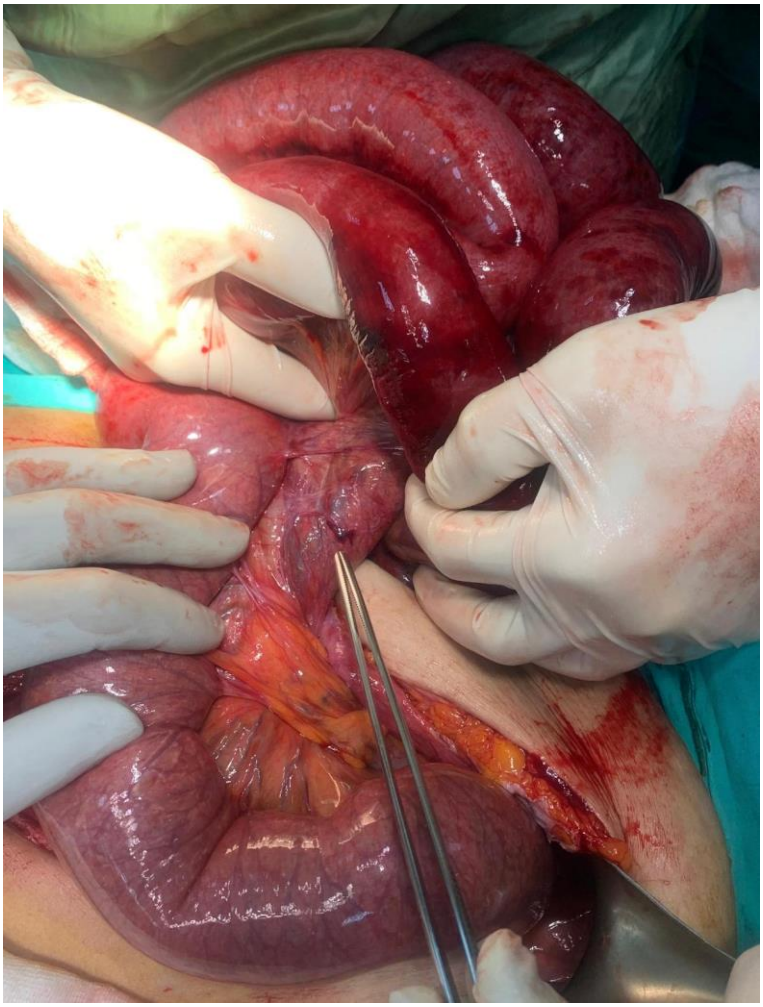


Görsel 1: Ayakta direkt batın grafide bağırsaklarda yaygın distansiyon ve seviyelenme



Görsel 2: Bilgisayarlı tomografide midgut volvulus

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



Görsel 3: Jejunal volvulus

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:

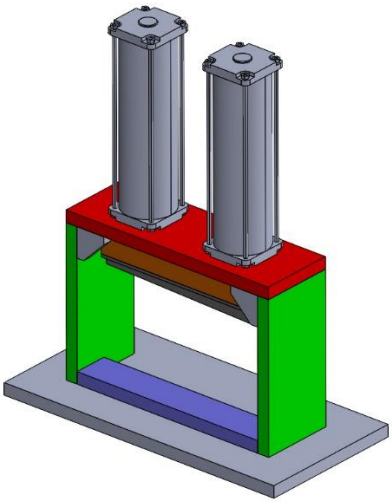
Sac levha kesme teknolojileri, endüstriyel üretim süreçlerinde önemli bir yere sahiptir ve farklı uygulama alanlarında geniş bir kullanım yelpazesi sunmaktadır. Geleneksel kesme yöntemleri arasında en yaygın olarak kullanılan teknolojiler hidrolik presler ve lazer kesim makineleridir. Bu makineler, çeşitli 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.

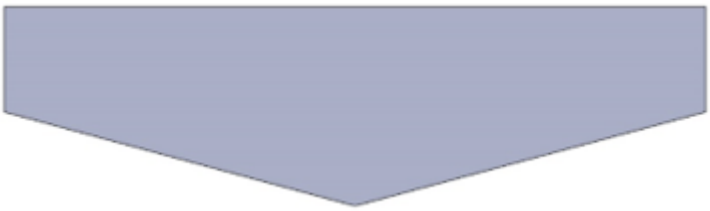
ISBN NR. : 978-625-5962-10-2



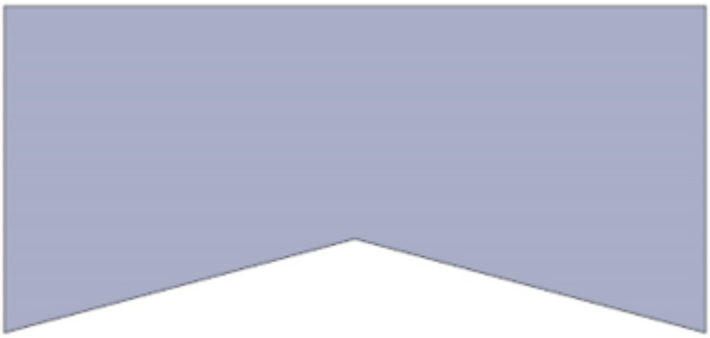
Şekil 10 PNÖMATİK SAC KESME MAKİNESİ



Şekil 11 KESME BICAĞI



Şekil 12 KESME BIÇAĞI



Şekil 13 KESME BIÇAĞI

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

EFFECT OF HYDROGEN ADDITION TO BIODIESEL FUEL ON DIESEL ENGINE PERFORMANCE, COMBUSTION AND EMISSIONS

Ümit NAS
Düzce Üniversitesi,
umitnas29@gmail.com - 0009-0000-6286-3539

Prof. Dr. Ali Etem GÜREL
Düzce Üniversitesi,
alietemgurel@duzce.edu.tr - 0000-0003-1430-8041

Serhat ARAMAK
Düzce Üniversitesi,
aramakserhat@gmail.com - 0009-0006-0760-022X

ABSTRACT

The integration of hydrogen into biodiesel fuel for diesel engines has shown promising results in enhancing engine performance, improving combustion efficiency, and reducing emissions. The addition of hydrogen to biodiesel blends, such as those derived from sunflower, soybean, and waste cooking oil, has been found to significantly improve brake thermal efficiency (BTE) and reduce brake specific fuel consumption (BSFC). Hydrogen's clean-burning characteristics contribute to a more complete combustion process, which is evident from the increased in-cylinder pressure and heat release rate (HRR). Hydrogen addition also plays a crucial role in emissions reduction. Studies have demonstrated a decrease in carbon monoxide (CO), unburned hydrocarbons (UHC), and smoke emissions when hydrogen is used in conjunction with biodiesel. However, a common challenge with hydrogen supplementation is the increase in nitrogen oxides (NO_x) emissions due to higher combustion temperatures. Overall, the use of hydrogen-enriched biodiesel blends in diesel engines offers a viable pathway to enhance performance and reduce harmful emissions, aligning with global efforts to develop sustainable and environmentally friendly fuel alternatives.

Keywords: Biodiesel, Hydrogen, Engine performance, Combustion, Emissions.

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

1. INRODUCTION

Adding hydrogen enrichment to biodiesel fuels to improve the emission, performance and combustion characteristics of diesel engines has become an important research topic in the field of internal combustion engines in recent years. This method combines the use of sustainable fuels and the potential to achieve cleaner combustion, providing both environmental and performance benefits.

Hydrogen is considered as a popular fuel additive for diesel engines due to its unique combustion properties such as high-energy content, fast burning rate and carbon-free nature [1, 2]. The addition of hydrogen helps biodiesel burn more completely, thus increasing combustion efficiency and reducing harmful emissions. Hydrogen also has the potential to improve ignition due to its lower ignition energy requirement, which can improve performance by allowing biodiesel to burn more efficiently [3].

However, practical applications of biodiesel-hydrogen blends in diesel engines face several challenges. These include determining optimal hydrogen-to-biodiesel ratios, establishing hydrogen storage and distribution infrastructure, and assessing the long-term effects of hydrogen enrichment on engine durability and emissions.

• **Combustion Properties**: Hydrogen enrichment can improve the flammability of the overall air-fuel mixture in the combustion chamber, leading to faster and more complete combustion [1, 4, 5]. The presence of hydrogen can increase the cylinder wall temperature, which can contribute to lower ignition delay and improved combustion efficiency [2, 5]. However, increasing the hydrogen ratio, especially under low load conditions, can lead to deterioration in ignition and combustion processes, resulting in decreased performance [6]. Therefore, it is crucial to determine optimal hydrogen enrichment levels to maximize the effect of hydrogen on combustion and prevent undesirable side effects.

• **Emission Characteristics**: Hydrogen enrichment has significant potential in reducing harmful emissions such as carbon monoxide (CO), hydrocarbon (HC) and particulate matter (PM) [1, 3, 7]. This is due to the more complete combustion of hydrogen and the absence of carbon atoms that contribute to the formation of emissions [1]. However, hydrogen enrichment may lead to an increase in nitrogen oxide (NO_x) emissions due to higher combustion temperatures [3, 5, 7, 8, 9, 10]. Control of NO_x emissions is an important issue in the use of hydrogen-enriched biodiesel fuels and requires further research.

• **Performance Properties**: The addition of hydrogen enrichment to biodiesel fuels can affect engine performance, especially in terms of brake thermal efficiency (BTE) and brake specific fuel consumption (BSFC) [7, 11]. The faster combustion rate of hydrogen and the increased heat release rate can improve the BTE of biodiesel fuels [3, 5, 9, 11, 12]. Additionally, hydrogen enrichment can help reduce BSFC by contributing to more complete combustion of biodiesel [4, 7, 11, 13]. However, the effect of hydrogen enrichment on performance may vary depending on factors such as engine operating conditions, hydrogen ratio, and biodiesel type.

In conclusion, adding hydrogen enrichment to biodiesel fuels is a promising strategy with the potential to improve the combustion, emission and performance characteristics of diesel engines. However, challenges and research gaps still exist for widespread adoption of this technology, requiring addressing optimal operating conditions, emission control strategies, and long-term durability considerations.

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

2. PREPARATION OF BIODIESEL

The preparation of biodiesel is typically accomplished through a process called transesterification. This process involves converting triglycerides in vegetable oils or animal fats into alkyl esters (biodiesel) and glycerol. Transesterification occurs in the presence of oil, alcohol (usually methanol or ethanol), and a catalyst (such as sodium hydroxide or potassium hydroxide) [8, 10]. The catalyst helps to accelerate the reaction between alcohols and triglycerides [10].

Biodiesel Preparation Process:

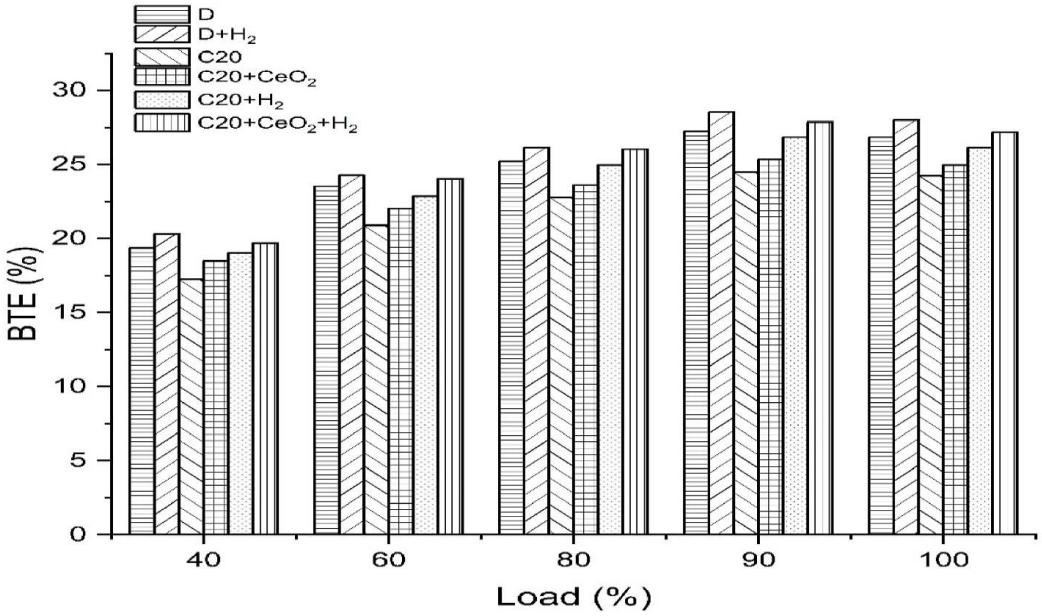
1. Oil, alcohol and catalyst are mixed in a certain ratio.
2. The mixture is heated and stirred for a certain period to complete the reaction.
3. After the reaction is complete, the mixture is allowed to separate into two phases, biodiesel and glycerol.
4. The biodiesel phase is located on top while the glycerol phase is located on the bottom.
5. The biodiesel phase is separated and washed for further purification.
6. Glycerol is a valuable by-product that can be used in a variety of applications.

The specific method and parameters used for biodiesel production may vary depending on factors such as the raw material used and the desired biodiesel quality [4, 10, 14].

3. HYDROGEN ADDED BIODIESEL STUDIES

Polat et al. obtained B20 fuel by mixing sunflower oil methyl ester with pure diesel (D100). 100 ppm CeO_2 nanoparticles were added to the obtained B20 fuel. Then, the effect of adding H2 to CeO_2 added B20 fuel at flow rates of 5 L/min and 10 L/min on a three-cylinder diesel engine at a constant engine speed of 2000 rpm and under variable loads was investigated. As a result of the experiments, the highest decrease in the BSFC value was obtained in B20 fuel with CeO_2 addition and H_2 added at a flow rate of 10 L/min, compared to D100, at a rate of 7.19%. The highest increase in BTE value was observed in B20 fuel with CeO_2 addition and H_2 added at a flow rate of 10 L/min, at a rate of 7.01% compared to D100. At the same time, it was determined that the highest decreases in CO, NO_x and HC emission values were 63.57%, 20.71% and 28.57%, respectively, in B20 fuel with CeO_2 addition and H_2 added at a flow rate of 10 L/min [4]. Chetia et al. created a biofuel mixture by adding CeO_2 nanoparticles to the biodiesel mixture obtained from cottonseed. The effect of combustion of biofuel blend by injecting H_2 into the engine in a CRDI engine was investigated. It was determined that CeO_2 nanoparticle contributes to more power production by triggering the combustion of the entire fuel and that H_2 contributes to more efficient combustion by encouraging the fuel to be distributed more homogeneously in the cylinder. As a result of the experiments, it was observed that BTE increased by 27.8% and BSFC decreased by 4.41% as a result of burning the biofuel mixture with H_2 compared to biodiesel. Additionally, BTE values obtained from different mixtures under different load conditions are given in Visual 1. In addition, it was determined that there were decreases of 24%, 22.8%, 6.42% and 69.5% in HC, CO, CO_2 and smoke emissions [2].

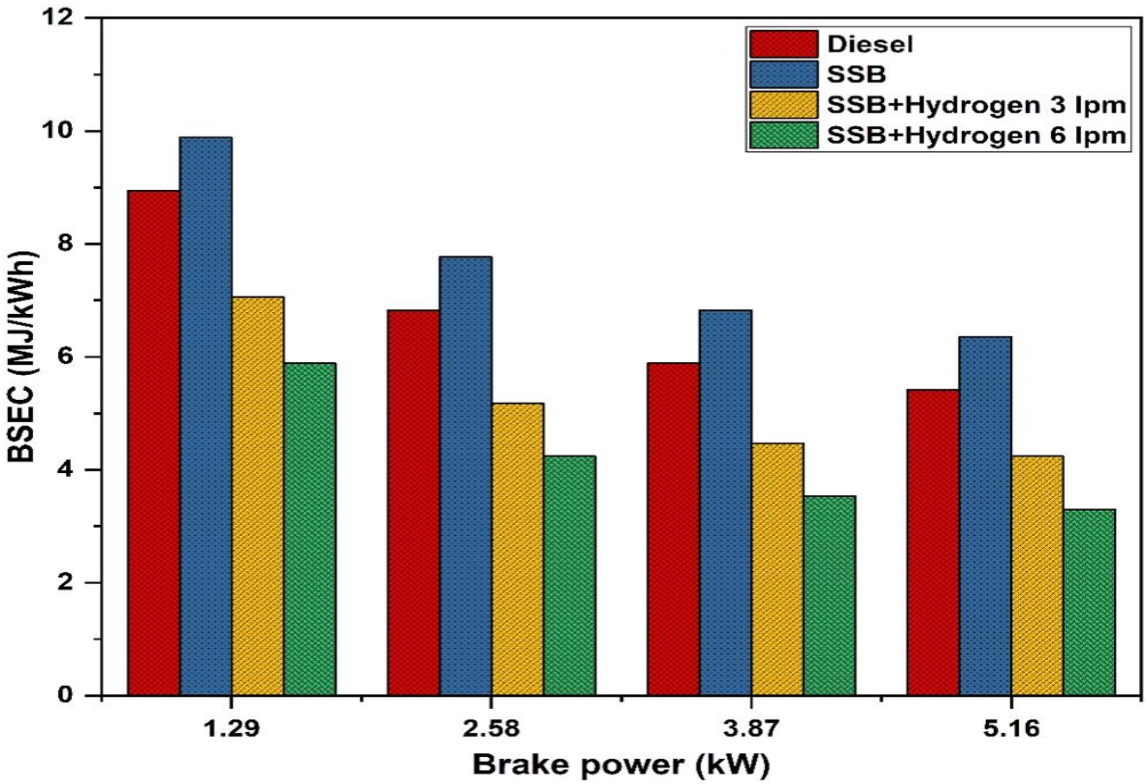
ISBN NR. : 978-625-5962-10-2



Visual 1. BTE values with different engine loads [2]

Jayabal studied the combustion of H_2 and sapota seed biodiesel (SSB) mixture in a dual fuel, single cylinder diesel engine. H_2 feeding was done with SSB fuel from the intake manifold at flow rates of 3L/min and 6L/min. It was observed that the mixture of H_2 and SSB increased the cylinder pressure by 17.26% and 21.03% at flow rates of 3L/min and 6L/min, respectively, HRR values by 43.91% and 56.13%, respectively, and BTE values by 6.29% and 14.62%, respectively, compared to diesel. It was also found that the BSEC value decreased by 21.73% at 3 L/min flow rate and by 39.13% at 6 L/min flow rate compared to diesel. Additionally, energy consumption values of other variations are shared in Visual 2. Additionally, it was observed that CO_2, CO, HC and smoke emissions decreased by 18.61% and 28.26%, 49.68% and 77.20%, 63.01% and 83.28%, 23.24% and 34.63%, respectively [3].

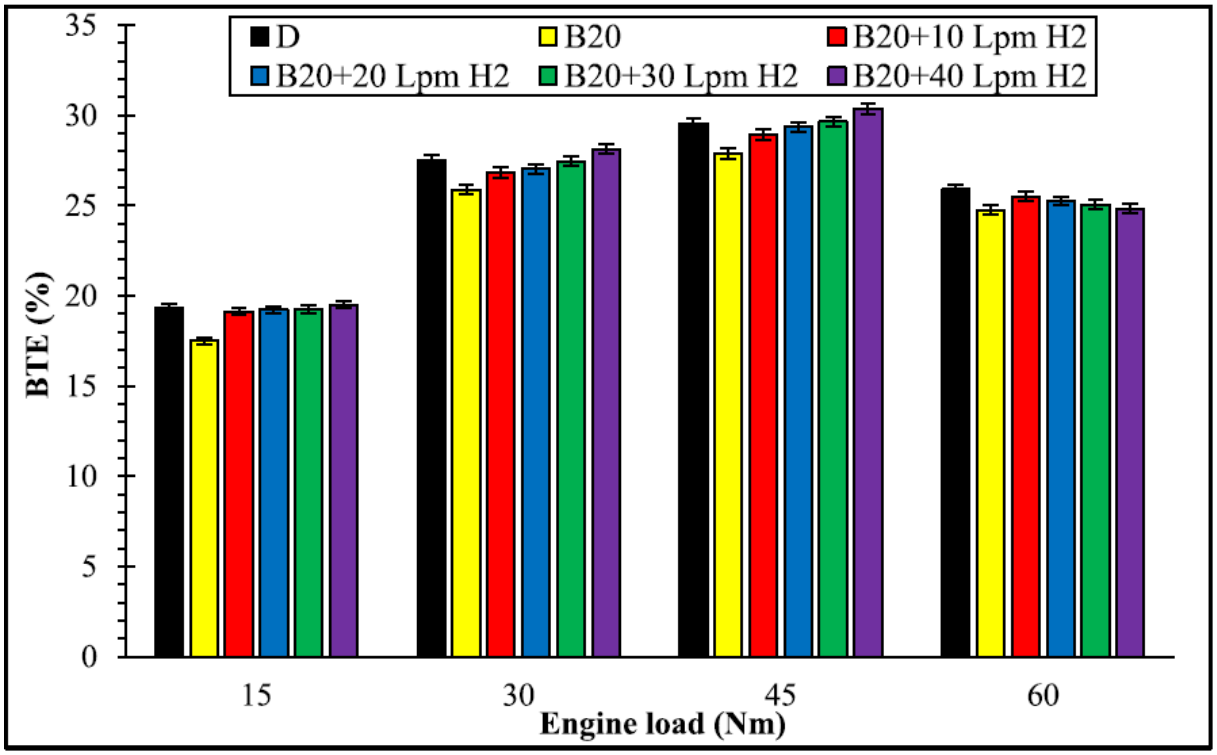
ISBN NR. : 978-625-5962-10-2



Visual 2. BSEC values with different brake power [3].

Chetia et al. investigated the performance, emission and combustion parameters in a CRDI engine in B20, B20+H_2, B20+CeO_2, B20+H2+CeO_2 mixtures by adding H_2 and CeO_2 nanoparticles to B20 biodiesel obtained from waste edible palm. As a result of the experiments, there was an increase of 10.92% in B20+H_2 mixture and 15.89% in B20+CeO_2 mixture in BTE values compared to B20 biodiesel. In the B20+H_2+CeO_2 mixture, an increase of 3.53% was observed compared to pure diesel. It was determined that the B20+H_2+CeO_2 mixture has 16.12% lower fuel consumption compared to pure diesel. It was also determined that the B20+H_2+CeO_2 mixture had 11% lower ignition delay and 6% higher HRR values compared to pure diesel. Additionally, it was found that adding H_2 and CeO_2 nanoparticles to the biodiesel mixture contributes to reducing CO emissions by 30%, HC emissions by 50% and smoke emissions by 42% [15]. Sindhu et al. investigated the effects of adding H_2 at a flow rate of 5L/min to the mixtures of BB0 (100% Diesel), BB10 (10% Botryococcus braunii biodiesel + 90% Diesel) and BB20 (20% Botryococcus braunii biodiesel + 80% Diesel) prepared from Botryococcus braunii microalgae on the performance of a four-cylinder diesel engine. As a result of the experiments, the highest engine torque was obtained as 282 Nm at 1500 rpm for BB10H5 mixture and the lowest BSFC value was obtained as 138g/kWh for BB10H5 at 2000 rpm. Additionally, the highest BTE value was obtained as 37.5% in the BB20H5 mixture at 2000 rpm. When the emission values in the study were examined, the lowest CO amount was obtained as 376 ppm in the BB20H5 mixture and the lowest CO_2 rate was obtained as 5% in the BB0H5 mixture [10]. Alçelik et al. studied a three-cylinder diesel engine with water cooling and indirect injection. Combustion, performance and emission parameters of the fuels were investigated by testing diesel-biodiesel fuels at variable loads and constant engine speed. B20 fuel, obtained by mixing 20% diesel fuel and waste cooking oil by volume, was used as fuel.

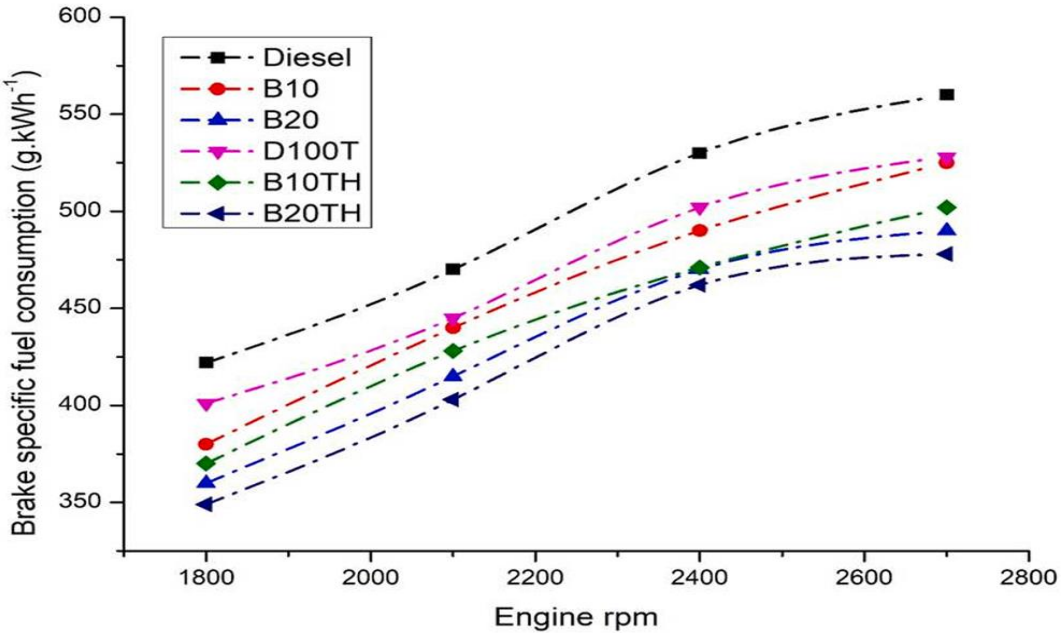
Hydrogen was added to the B20 fuel as a supplement through the intake manifold at variable flow rates. As a result of the experiments, it was observed that hydrogen supplementation at flow rates of 10, 20, 30 and 40 L/min reduced the BSFC values by 8.8%, 13.02%, 17.16% and 22.12%, respectively. Additionally, BTE changes of different fuel variants under different load conditions are given in Visual 3. As seen in Visual 3, it was found that H_2 supplementation increased BTE values by 4.51%, 5.05%, 5.62% and 7.12%, respectively. It was observed that it reduced NO_x emissions by 31.25%, 33.08%, 38.87% and 41.46%, respectively, and also reduced CO emissions by 17.47%, 30.73%, 51.8% and 59.04%, respectively [7].



Visual 3. BTE values with different engine loads [7]

Das and Das studied the effect of iron nanoparticle (INP) and H_2 addition to waste palm oil biodiesel on BTE and BSFC values in a CRDI engine. Experiments were carried out by adding 75 ppm INP and H_2 at a flow rate of 10 L/min to a mixture of 20% biodiesel and 80% diesel. As a result of the experiments, it was determined that the BTE value increased by 7.1% compared to diesel and was 28% due to the high combustion rate of H_2 and the high surface area/volume ratio of iron nanoparticles. In addition, due to the contribution of the high diffusion of H_2 and the ability of iron nanoparticles to reduce the ignition delay, the BSFC value was obtained as 0.29 kg/kWh, which is a significantly lower value compared to diesel. It was also concluded that the mixture of biodiesel, INP and H_2 increased the internal cylinder pressure by 5.3% and the HRR value by 6.7% compared to diesel. Additionally, the mixture reduced CO and HC emissions by 37.5% and 41.8%, respectively [16]. Reddy and Sarangi prepared a mixture of 10% water + 70% pure diesel + 20% Biodiesel (B20W10) with biodiesel obtained from waste mango seed. Then, Al_2O_3 and TiO_2 nanoparticle mixture (B20W10 NP25, B20W10 NP50 and B20W10 NP75) at different concentrations of 25, 50 and 75 ppm and 10 vol% H_2 were added to this mixture. The effects of the obtained mixtures on a hydrogen-fueled single-

cylinder diesel engine were investigated. As a result of the experiments, a maximum BTE value of 32% was obtained, corresponding to the lowest BSFC value of 0.204 kg/kWh. Additionally, the B20W10 NP75 blend resulted in a reduction of 50%, 6.7%, 27% and 15% in CO, NO_x, HC and smoke emissions, respectively, compared to 100% biodiesel [13]. Zhang et al. studied the effects of TiO_2 nanoparticle and H_2 addition to waste cooking oil biodiesel on a direct injection single-cylinder diesel engine. In the experiments, mixtures of D100 (pure diesel), B10 (90% diesel + 10% biofuel), B20 (80% diesel + 20% biofuel), D100T10 (pure diesel containing 100 ppm nanoparticles), B10TH (90% diesel + 10% biofuel, 100 ppm nanoparticles + 5 L/min H_2) and B20T10 (80% diesel + 20% biofuel, 100 ppm nanoparticles + 5 L/min H_2) were used. As a result of the experiments, it was determined that B10TH and B20TH mixtures increased the engine torque by 6% and 5% compared to B10 and B20. At the same time, 21.5% and 21% were obtained for B10 and B20, respectively, and BTE values were obtained as 22% and 21.6% in B10TH and B20TH mixtures, respectively. In addition, the lowest BSFC value was observed at 349 g/kWh in B20TH fuel, which is also a mixture with H_2 addition, and the BSFC values of other fuel variations are presented in Visual 4. Another thing the researchers discovered is that adding H2 to biofuel blends and pure diesel reduces CO emissions by an average of 26%. In addition, it was observed that H_2 addition also reduced CO_2 emissions and NO_x emissions by 20 and 30 ppm in B10TH and B20TH fuels compared to B10 and B20 fuels [11].



Visual 4. BSFC values with different speeds [11]

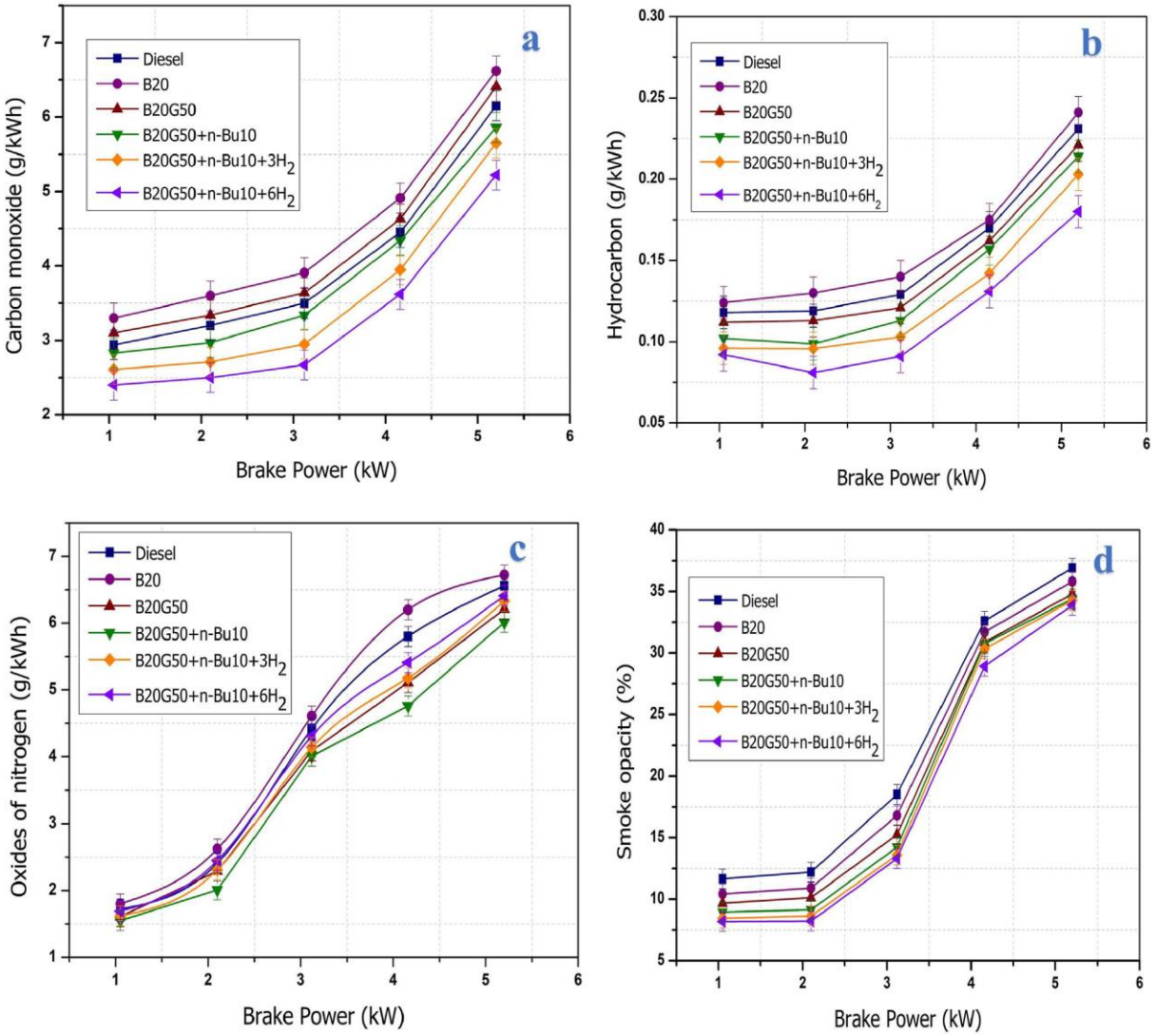
Murugesan et al. investigated the mixtures obtained by adding Graphene Oxide (GO) and H_2 to microalgae (Euglena Sanguinea) biodiesel in two cases: compression ignition (CI) and homogeneous charge compression ignition (HCCI). Experiments were carried out by adding constant H_2 addition at a flow rate of 3 L/min and GO nanoparticle concentrations of 20, 40, 60 and 80 ppm to the mixtures of 20% Euglena Sanguinea + 80% diesel (ES20D80), 40% Euglena Sanguinea + 60% diesel (ES40D60), 60% Euglena Sanguinea + 40% diesel (ES60D40), 80% Euglena Sanguinea + 20% diesel (ES80D20). As a result of the experiments, the highest BTE value was obtained as 30.8% in ES20D80 fuel with 80 ppm GO addition in HCCI case. At the

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

same time, the lowest BSFC value was obtained in the range of approximately 0.48-0.50 kg/kWh in ES20D80 fuel with 80 ppm GO addition in HCCI case. When the emission values were examined, in addition to the lowest CO emission in the ES20D80 fuel with 80 ppm GO addition, 75.2% lower NO_x emission was observed in the HCCI mode compared to the CI mode from the same fuel [14]. Bharti et al. added H_2 and 75 ppm TiO_2 nanoparticles to the B20 biodiesel mixture obtained from waste cooking oil at a flow rate of 10 L/min. The behavior of this mixture in a CRDI engine in terms of emission, efficiency and fuel consumption parameters was investigated. As a result of the experiments, the BTE value of the B20+H_2+TiO_2 mixture increased by 8.21% compared to pure diesel. It was observed that the BSFC values of the same mixture decreased by 44.83% and 42.86% compared to B20 and pure diesel, respectively. In addition to these improvements, an increase of 4.26% and 6.57% in ICP and HRR values was detected, respectively, compared to pure diesel. Additionally, this mixture reduced CO and HC emissions by 74% and 27.27%, respectively [12]. Wang et al. investigated the performance, fuel consumption and emission parameters of the fuel blends (S10NH, S20NH) obtained by adding H_2 and 100 ppm CeO_2 nanoparticles to the biodiesel blends S10 (10% safflower oil + 90% diesel) and S20 (20% safflower oil + 80% diesel) obtained from safflower oil at a flow rate of 5 L/min in the direct ignition engine of road and bridge machinery. As a result of the experiments, the torque values obtained from S10NH and S20NH fuels compared to S10 and S20 biodiesels increased by 6% and 5%, respectively. At the same time, the highest BTE values were obtained from S10NH and S20NH fuels at 1800 rpm with the rates of 22% and 21.2%, respectively. Additionally, it was determined that CO_2 emissions of S10NH and S20NH fuels decreased by 3.72% and 3.48%, respectively, compared to diesel. Additionally, it was determined that adding H_2 to biodiesel blends and pure diesel reduced CO emissions by an average of 25.3% [8]. Rawat et al. reported improvements in performance, emissions and exergy values in a CI engine by adding H_2 to the ethanol-jatropha biodiesel (BE10) blend under various load conditions for five different injection times. It was observed that the addition of H_2 to BE10 fuel increased the BTE value in the range of 2.09-2.92% for 2500 µs injection time. At the same time, an increase in exergy efficiency occurred in the range of 1.85-2.67%. The exergy destruction and entropy production of the system decreased in the ranges of 1.72-7.05% and 4.26-9.47%, respectively. When the emission values are examined, for BE10H5 (6200 µs – H_2 injection) fuel, UHC, CO and PM emissions decreased by 25%, 41.35% and 26.67%, respectively, compared to pure diesel [17]. Xia et al. studied the effect of adding nanoparticles and H_2 to a biodiesel mixture obtained from castor oil on a CI engine. It was determined that the addition of 50 ppm nanoparticles with H_2 increased the BTE value by approximately 2.5%. Additionally, it was observed that C50H (Biodiesel + 50 ppm nanoparticles + H_2) test fuel reduced the BSFC value by 25% compared to conventional diesel fuel. Additionally, when the emission values were examined, HC emission was observed as 21 ppm for diesel, while it was only 2.03 ppm for C50H fuel. At the same time, it was concluded that biodiesel and H_2 blends reduce CO emissions by approximately 54% compared to diesel fuel [9]. Pullagura et al. obtained a new fuel blend (B20G50 + n-Bu10) by adding 50 mg/L graphene nanoparticles (G) and 10 vol% n-Butanol to the sterculia foetida biodiesel blend (B20). At the same time, H_2 was added to the obtained fuel mixture as a secondary fuel at flow rates of 3 L/min (B20G50 + n-Bu10 + 3H_2) and 6 L/min (B20G50 + n-Bu10 + 6H_2). The performance and emission behaviors

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

of the fuel mixtures they created on a CI engine were investigated. As a result of the experiments, it was observed that the BTE value increased by 7.56% in B20G50 + n-Bu10 + 6H_2 fuel compared to B20 fuel, while the BSFC value decreased by 20.75%. As a result of the experiments, it was observed that the BTE value increased by 7.56% in B20G50 + n-Bu10 + 6H_2 fuel compared to B20 fuel, while the BSFC value decreased by 20.75%. When the effect of the B20G50 + n-Bu10 + 6H_2 mixture on the emission values was examined, decreases of 19.75%, 24.86%, 4.4% and 8.8% in CO, HC, NO_x and smoke emissions were observed, respectively. Additionally, emission values of other fuel variations are given in Visual 5 [18].



Visual 5.Changes of CO, HC, NO_x and smoke emissions [18].

Annamalai and Murugesan studied the effects of fuel blends on the performance and emission values in a CI engine by adding H_2 to 100% biodiesel fuel derived from algae at rates of 10.4 g/h, 21.6 g/h, 32.4 g/h, 43.2 g/h and 54 g/h. As a result of the experiments, increases of 1.8%, 5.93%, 9.3%, 17.3% and 11.92% were observed in BTE values for fuels with H_2 addition at rates of 10.4 g/h, 21.6 g/h, 32.4 g/h, 43.2 g/h and 54 g/h, respectively, compared to 100% biodiesel fuel. It was found that the addition of H_2 at a flow rate of 43.2 g/h in pure biodiesel fuel resulted in a 9.5% decrease in the BSEC value compared to diesel. It was been observed

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

that the addition of H_2 to pure biodiesel fuel results in a reduction of approximately 45%, 48% and 41% in UHC, CO and smoke emissions, respectively, compared to diesel [19]. Chaichan studied the performance and emission characteristics of H_2, biodiesel and EGR in a CI engine. It was found that the addition of H_2 to biodiesel without EGR system increased the BTE value by 12.9%. It was observed that the use of biodiesel with H_2 addition without EGR caused reductions in CO, HC and PM emissions by approximately 45.8%, 57.69% and 42%, respectively, compared to conventional diesel fuel. In addition, it was determined that the use of biodiesel with H_2 added as fuel caused an increase in NO_x emissions and showed that this increase in NO_x emissions could be reduced by using EGR [6].Khan et al. used 20% blended biodiesel (B20) of cottonseed oil methyl ester in their study. The performance and emission values on a single-cylinder, four-stroke diesel engine at a nominal speed of 1500 rpm by adding H_2 to B20 biodiesel at a flow rate of 15 L/min were investigated. As a result of the experiments, the highest BTE value was obtained as 33.60% in B20 fuel with H_2 addition at 220 bar pressure. The highest decrease in BSFC values was observed as 0.237 kg/kWh in B20 fuel with H_2 addition at 220 bar pressure. The effect of H_2 addition on emissions was determined to be 75 ppm in B20 fuel with H_2 addition, again at 220 bar pressure, with the highest reduction in HC emissions. Additionally, the highest reduction in CO_2 emissions was observed at 0.022% by volume on the same pressure and fuel [20]. Akcay et al. investigated the effect of H_2 addition to the biodiesel fuel blend (B25) obtained from 25% waste cooking oil and 75% diesel fuel on the combustion characteristics in a dual injection CI engine. The highest cylinder internal pressure value was obtained from B25 fuel with H_2 addition at a flow rate of 40 L/min compared to diesel fuel. It was also found that the addition of H_2 increased the pressure rise rate. The highest pressure rise rate was observed as 4.19 bar/°CA with H_2 addition at 80 Nm engine load and 40 L/min flow rate. Additionally, the highest HRR value was observed in B25 fuel with H_2 addition at 10L/min flow rate at 80 Nm engine load [5]. Karagöz et al. investigated the performance and emission behaviors in a CI engine by adding H_2 to pure diesel fuel at 22% and 53% energy concentrations. It was observed that the addition of H_2 to pure diesel decreases the BTE values and increases the BSFC values. BTE values were obtained as 29.43, 27.06 and 23.04 in pure diesel, 22% H_2 added and 53% H_2 added fuel mixtures, respectively. In addition to these changes, positive results were observed in emissions. CO emissions were obtained as 2.52 g/kWh, 0.82 g/kWh, 0.77 g/kWh for pure diesel, 22% H_2 added, and 53% H_2 added fuel blends, respectively. Additionally, in fuel mixtures with 22% H_2 and 53% H_2, HRR and cylinder internal pressure values increased by 7.81%, 36.20%, 25.77%, 110.94%, respectively. Considering the previous literature studies, it is proven that the addition of H_2 to biodiesel blends supported by the addition of nanoparticles instead of pure diesel will bring about improvements in BTE and BSFC values as well as emission values in the diesel engine [1].

4. CONCLUSION

According to the data obtained from the sources, it can be concluded that hydrogen enrichment and nanoparticle addition improve the performance, emissions and combustion characteristics of diesel engines. Due to the high combustion rate of hydrogen and the catalytic nature of nanoparticles, the addition of hydrogen and nanoparticles to diesel-biodiesel blends reduces brake specific fuel consumption while increasing brake thermal efficiency. These improvements can be attributed to improved combustion efficiency and reduced emissions.

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

Studies have shown that hydrogen enriched biodiesel blends show significant reductions in CO, HC and smoke emissions. The presence of hydrogen contributes to more complete combustion and therefore to a reduction in harmful emissions. However, a slight increase in NO_x emissions was observed. This increase can be attributed to higher combustion temperatures resulting from the addition of hydrogen.

Overall, literature suggests that hydrogen enrichment and nanoparticle addition is a promising strategy to improve the performance and emission characteristics of diesel engines. Further development of this technology could contribute significantly to the sustainability of the transportation sector.

Additionally, using sustainable biodiesel sources such as waste cooking oil biodiesel can help reduce dependence on fossil fuels and promote environmental sustainability. The widespread availability and low cost of waste biodiesel make it an attractive fuel alternative for diesel engines.

REFERENCES

1. Karagöz, Y., Güler, İ., Sandalcı, T., Yüksek, L., Dalkılıç, A. S. Effect of hydrogen enrichment on combustion characteristics, emissions and performance of a diesel engine, International Journal of Hydrogen Energy, 41, 1, 2016.

2. Chetia, B., Debbarma, S., Das, B. Enhancing engine performance, combustion, and emissions characteristics through CeO_2-modified cottonseed biodiesel with hydrogen enrichment: A comprehensive investigation. International Journal of Hydrogen Energy, 89, 2024.

3. Jayabal, R. Effect of hydrogen/sapota seed biodiesel as an alternative fuel in a diesel engine using dual-fuel mode. Process Safety and Environmental Protection, 2024.

4. Polat, F., Sarıdemir, S., Gad, M. S., El-Shafay, A. S., Ağbulut, Ü. Enhancing diesel engine performance, combustion, and emissions reductions under the effect of cerium oxide nanoparticles with hydrogen addition to biodiesel fuel. International Journal of Hydrogen Energy, 83, 2024.

5. Akcay, M., Yilmaz, I. T., Feyzioglu, A. The influence of hydrogen addition on the combustion characteristics of a common-rail CI engine fueled with waste cooking oil biodiesel/diesel blends. Fuel Processing Technology, 223, 2021.

6. Chaichan, M. T. Performance and emission characteristics of CIE using hydrogen, biodiesel, and massive EGR. International Journal of Hydrogen Energy, 43,10, 2018.

7. Alçelik, N., Sarıdemir, S., Polat, F., Ağbulut, Ü. Role of hydrogen-enrichment for in-direct diesel engine behaviours fuelled with the diesel-waste biodiesel blends. Energy, 302, 2024.

8. Wang, J., Sun, H., Devanesan, S., Alsahi, M. S., Anderson, A., Daniel, F., Praveenkumar, T. R. Performance and emission characteristics of safflower oil biodiesel blended with nanoparticles and hydrogen on diesel engines of road and bridge machinery. Fuel, 352, 2023.

9. Xia, C., Brindhadevi, K., Elfasakhany, A., Alsehli, M., Tola, S. Performance, combustion and emission analysis of castor oil biodiesel blends enriched with nanoadditives and hydrogen fuel using CI engine. Fuel, 306, 2021.

10. Sindhu, R., Prabhat, S. T., Hiep, B. T., Chinnathambi, A., Alharbi, S. A. Experimental assessment of cork based Botryococcus braunii microalgae blends and hydrogen in modified multicylinder diesel engine. Fuel, 359, 2024.

11. Zhang, X., Yang, R., Anburajan, P., Van Le, Q., Alsehli, M., Xia, C., Brindhadevi, K. Assessment of hydrogen and nanoparticles blended biodiesel on the diesel engine performance and emission characteristics. Fuel, 307, 2022.

12. Bharti, A., Debbarma, S., Das, B. Effect of hydrogen enrichment and TiO2 nanoparticles on waste cooking palm biodiesel run CRDI engine. International Journal of Hydrogen Energy, 48,75, 2023.

13. Reddy, S. R., Sarangi, S. K. Optimizing the effect of using novel hydrogen enriched nano particles added emulsified waste mango seed biodiesel in diesel engine. Fuel, 342, 2023.

14. Murugesan, P., Hoang, A. T., Venkatesan, E. P., Kumar, D. S., Balasubramanian, D., Le, A. T. Role of hydrogen in improving performance and emission characteristics of homogeneous charge compression ignition engine fueled with graphite oxide nanoparticle-added microalgae biodiesel/diesel blends. International Journal of Hydrogen Energy, 47,88, 2022.

15. Chetia, B., Debbarma, S., Das, B. An experimental investigation of hydrogen-enriched and nanoparticle blended waste cooking biodiesel on diesel engine. International Journal of Hydrogen Energy, 49, 2024.

16. Das, S., Das, B. The characteristics of waste-cooking palm biodiesel-fueled CRDI diesel engines: Effect hydrogen enrichment and nanoparticle addition. International Journal of Hydrogen Energy, 48,39, 2023.

17. Rawat, J. S., Bhowmik, S., Panua, R., Madane, P. A., Triveni, M. K. Investigation of performance, emission and exergy parameters of a compression ignition engine fuelled

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

with ethanol-jatropha biodiesel blend under varying hydrogen strategies. International Journal of Hydrogen Energy, 48, 95, 2023.

18. Pullagura, G., Vanthala, V. S. P., Vadapalli, S., Bikkavolu, J. R., Barik, D., Sharma, P., Bora, B. J. Enhancing performance characteristics of biodiesel-alcohol/diesel blends with hydrogen and graphene nanoplatelets in a diesel engine. International Journal of Hydrogen Energy, 50, 2024.

19. Annamalai, B., Murugesan, P. The combined effect of hydrogen enrichment and exhaust gas recirculation on the combustion stability, performance and emissions of CI engine energized by algae biodiesel. International Journal of Hydrogen Energy, 50, 2024.

20. Khan, N., Balunaik, B., Yousufuddin, S. Performance and emission characteristics of a diesel engine with varying injection pressure and fueled with hydrogen and cottonseed oil methyl ester blends. Materials Today: Proceedings, 5, 2, 2018.

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

OTOMOBİLLERDE KULLANILAN HELİSEL YAYLARIN TASARIM DEĞİŞİKLİĞİ İLE AĞIRLIĞININ HAFİFLETİLMESİ

Ali Osman ÖZCAN
Phi Metal Otomotiv ve Ticari A.Ş.,
osman.ozcan@phimetal.com.tr - 0009-0006-8498-9718

ÖZET

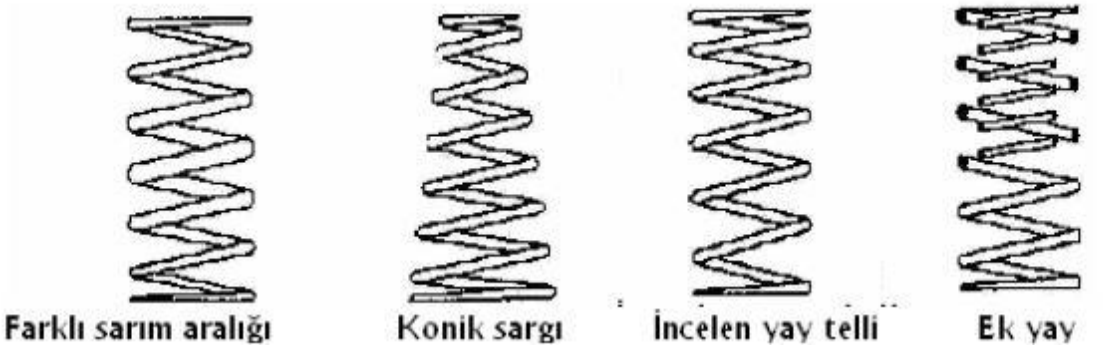
Otomobillerde kullanılan helisel yaylar yollarda bulunan tümsek ve çukurların araca uyguladığı sarsıntıyı ve kuvveti sönümlemeye yarar. Yollarda bulunan süreksizlikler aracın diğer parçalarını hasara uğratmaya sebebiyet verir. Helisel yaylar elastik şekil değişimiyle bu kuvvetleri sönümler. Aynı zamanda aracın ağırlığını da taşır. Montajlandığı bölge atmosfere açık olduğu için su, çamur gibi dış etkenlere maruz kalmaktadır. Bu etkenler nedeniyle helisel yayların yorulma direnci, korozyon direnci ve mukavemeti yüksek olmalıdır. Otomotiv sektörünün elektrikli araçlara yönelmesiyle beraber araçların ağırlıkları daha da konuşulmaya başlanmıştır. İçten yanmalı araçlarda ağırlık yol tutuşu ve yakıtı düşürürken elektrikli araçlarda ağırlık düşüşü aracın menzilinin arttırmaktadır. İçten yanmalı motorlara nazaran elektrikli araçların şarj süresinin daha fazla olması araçların ağırlığının düşürülmesi yönünde teşvik sağlamaktadır. Bu çalışmada aracın ağırlığının düşürülmesi için mevcut durumda kullanılan helisel yay üzerine çalışılmıştır. Helisel yayın ağırlığını düşürmek için tel çapı düşürülmüştür. Aracın ağırlığını taşıyabilmesi, sürüş konforunun düşmemesi viraj performansının kötü yönde etkilenmemesi için geliştirilen yayın mevcut yayın isterlerini karşılaması gerekmektedir. Bunlar da göz önüne alınarak daha küçük tel çapı ile helisel yay tasarlanmıştır. Yeni tasarlanan yay simülasyon programında rate değeri, taşıyabileceği maksimum kuvvet değeri ve yorulma ömrü gibi isterler incelenmiştir. Yeni tasarlanan yay mevcut yayın kapasitesinde çalışabilmektedir. Bununla beraber yeni tasarlanan helisel yay bağlantı ekipmanlarıyla temas yüzeyi de incelenmiş olup aracın seyir halindeyken helisel yayın amortisör ekipmanlarıyla uyumlu çalışabilmesi için gerekli geometrik düzenlemeler yapılmıştır. Bu çalışmanın sonunda mevcut durumdaki helisel yay ile aynı özellikleri karşılayabilen daha hafif bir yay üretilmiş ve amortisör ekipmanlarıyla daha uyumlu çalışır hale getirilmiştir.

Anahtar Kelimeler : Helisel yay, Simülasyon, Otomotiv, Süspansiyon, Amortisör.

1. GİRİŞ

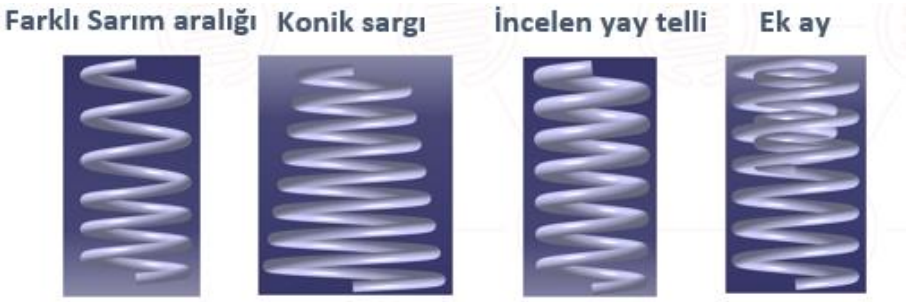
ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

Otomobillerde kullanılan süspansiyon yayları aracın seyir halinde tekerleğe uygulanan kuvvetleri sönümle görevi yapar. Yollarda bulunan kasis ve çukurlar tekerleğin yoldaki süreksizliğini şoför ve yolcuların konforun kötü yönde etkiler. Süspansiyon yayları yoldaki süreksizliğin oluşturduğu bu kuvvetleri sönümleyerek sürüş konforunun artmasın sağlar. Ayrıca konforun yanı sıra otomobilin viraj performansına da etki eder. Viraj sırasında aracın maruz kaldığı merkez kaç kuvvetine karşı direnç göstererek aracın virajda savrulmasını önler ve viraj performansını etkiler. Görsel 1. de helezon yay çeşitleri görülmektedir [1]. Farklı sarım aralığına sahip helezon yaylar, konik sarılmış helezon yaylar, incelen yay telli helezon yaylar ve ek yay eklenmiş helezon yaylar olmak üzere farklı çeşitleri bulunmaktadır. Görsel 2. de Phi Metal şirketinde tasarlanmış yaylar görülmektedir.



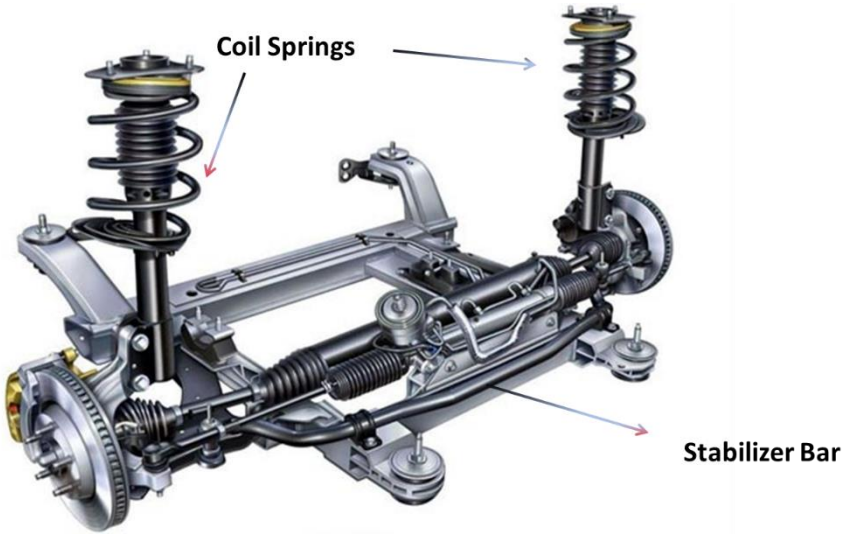
Görsel 14. Helezon yay çeşitleri [1].

Otomobillerde kullanılan helezon yaylar süspansiyon görevini yerine getirebilmesi için bazı özelliklere sahip olmalı. Araç üzerinde etrafında bir koruyucu olmadığı için korozyon dayanımının yüksek olması gerekmektedir. Görsel 3. de Helisel yayın araç üzerindeki konumu görülmektedir.



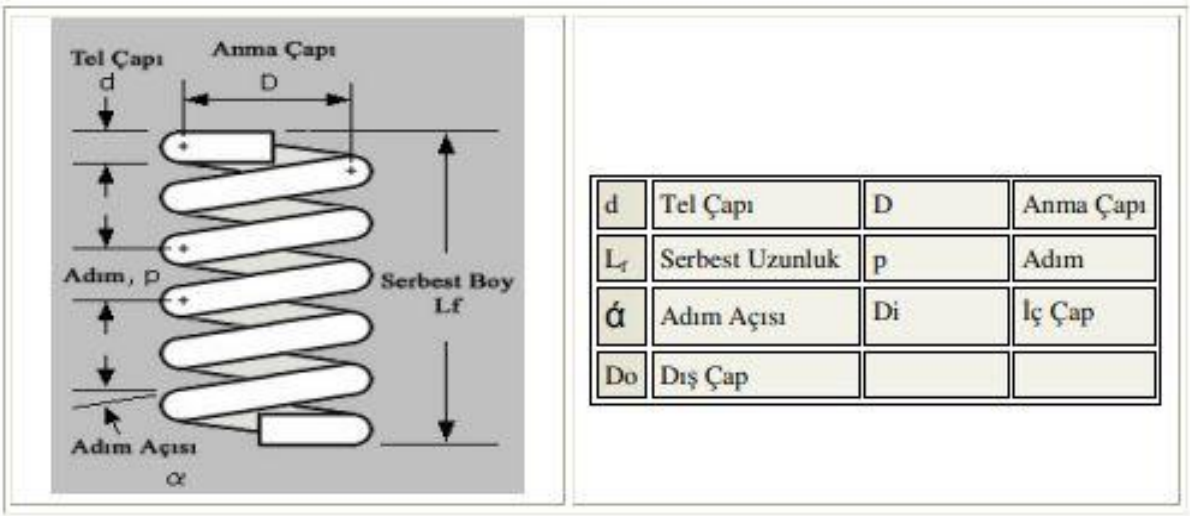
Görsel 15. Phi Metal şirketinde tasarlanmış yaylar.

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



Görsel 3. Helisel yayın araç üzerindeki konumu görülmektedir.

Çevrimli yüklere maruz kaldığı için yorulma direncinin yüksek olması gerekmektedir. Aracın bütün yükünü taşıdığı için mukavemetinin yüksek olması gerekmektedir. Aynı zamanda aracın bütün yükünü taşırken süspansiyon görevini yerine getirebilmesi için mukavemetinin belli bir aralıkta olması gerekmektedir. Süspansiyon yaylarının araçta maksimum konfor ve maksimum yol tutuşu için dikkat edilmesi gereken bazı parametreler vardır. Bu parametreler yay sabiti, yay yükü jounce boyu, serbest boyu, rebound boyu ve tel çapıdır. Ayrıca bir yayı tanımlayabilmek içinde bazı parametreler gereklidir. Görsel 4. de bu parametreler görülmektedir.



d	Tel Çapı	D	Anma Çapı
L_f	Serbest Uzunluk	p	Adım
ά	Adım Açısı	Di	İç Çap
Do	Dış Çap		

Görsel 4. Yay tanım parametreleri [2].

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

Helisel yaylar burulma gerilmesi altında şekil değişimine uğrar. Yay kuvvet uygulandığında yay burularak enerjiyi depolar. Yük kalktığında ise yay eski haline döner. Yuvarlak telli helisel yayın şekil değiştirme formülü görsel 5. de görülmektedir [2]. Formüldeki F kuvvet, D yayın çapı, N_a aktif sarım sayısı, d tel çapı ve G kayma modülüdür. Uygulanan kuvvetin yayda ne ölçüde şekil değiştireceğini vermektedir.

$$\delta = \frac{8 \cdot F \cdot D^3 \cdot N_a}{d^4 \cdot G}$$

Görsel 5. Şekil değiştirme formülü [2].

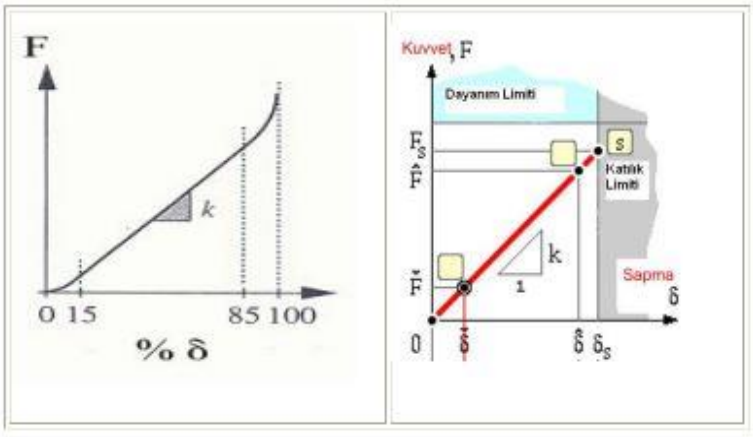
Yayın otomobildeki konforunu rate parametresi vermektedir. Birim şekil değişimdeki kuvveti ifade eder. Rate büyüdükçe konfor azalır, aracın yol tutuşu artar ve aracın viraj esnasındaki savrulması azalır. Görsel 6. de rate formülü görülmektedir.

$$k = \frac{F}{\delta} = \frac{d^4 \cdot G}{8 \cdot D^3 \cdot N_a}$$

Görsel 6. Rate formülü [2].

Rate kuvvet şekil değişimi grafiğinden de hesaplanabilmektedir. Grafikteki eğim rate vermektedir. Görsel 7. de kuvvet şekil değişimi grafiği görülmektedir.

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



Görsel 7. Kuvvet şekil değişimi grafiği [2].

Yaya uygulanan kuvvetin etkisiyle yayda kesme gerilmesi ayrıca burulma momenti ile de burulma gerilemesi oluşmaktadır. Görsel 8. maksimum kayma gerilmesi formülü verilmiştir.

$$\tau_{max} = \frac{8 \cdot F \cdot D}{\pi \cdot d^3} + \frac{4 \cdot F}{\pi \cdot d^2}$$

Görsel 8. Maksimum kayma gerilmesi [2].

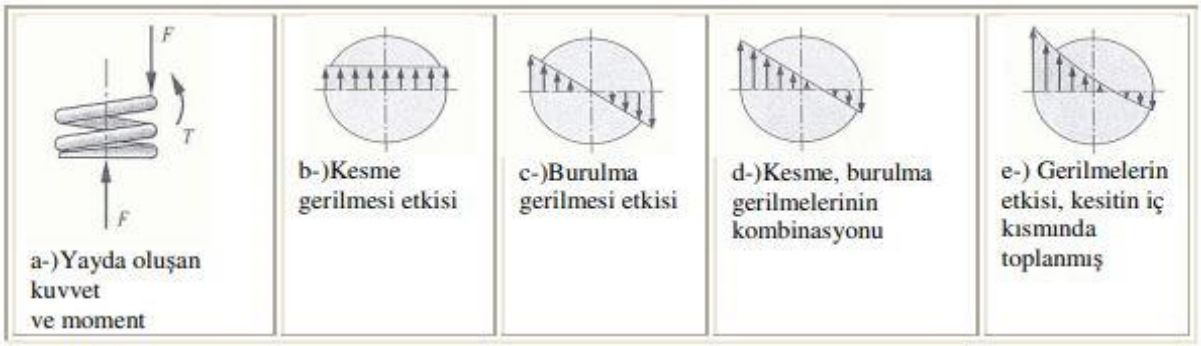
Kesilmede dolayı tel kesitinde meydana gelen kesilme gerilmelerinin yayılışı düzgün değildir. Bunun için Ks düzeltme faktörü kullanılır. Ks direkt kesme düzeltme faktörüdür. C yay indeksi olup yayın dış çapının tel çapına oranıdır. Eğer bir yay statik olarak yüklenirse çökme hata faktörüdür ve maksimum τ için kullanılan formül Görsel 9. da verilmiştir.

$$\tau_{max} = K_s \cdot \frac{8 \cdot F \cdot D}{\pi \cdot d^3} \qquad K_s = \left(1 + \frac{0{,}5}{C}\right)$$

Görsel 9. Ks ve maksimum kayma gerilmesi formülü [2].

Yayın eğriliği, sarımın tel kesitinin iç yüzeylerinde gerilmenin artmasına sebep olur görsel 10. da gösterilmiştir.

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



Görsel 10. Kesme ve burulma gerilmelerinin etkisi [2].

Wahl direk kesme gerilimlerini ve eğilme gerilimlerini içine alan bir gerilim düzeltme faktörü (Kw) tespit etmiştir. Yayın dinamik yükler altında Wahl gerilim düzeltme faktörü devreye sokulur ve kayma gerilmesinde formüle eklenir. Görsel 11. de Wahl gerilim düzeltme faktörü ve maksimum kayma gerilmesine eklenmiş formülü verilmiştir.

$$\tau_{max} = K_w \cdot \frac{8 \cdot F \cdot D}{\pi \cdot d^3} \qquad K_w = \frac{4 \cdot C - 1}{4 \cdot C + 4} + \frac{0{,}615}{C}$$

Görsel 11. Wahl gerilim düzeltme faktörü ve maksimum kayma gerilmesine eklenmiş formülü [2].

2. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

Phi Otomotiv Sanayi ve Ticaret A.Ş.' de yay ve denge çubuğu üretilmektedir. Şirketin bünyesinde bulunan mühendislik departmanında yayın tasarımı ve hesaplamaları yapılmaktadır. Yay üretimi yayın tasarımı ile başlar. Yay tasarlanırken araçta yay için bırakılan pakete sığdırılmaya çalışılır. Görsel 12. Helisel yayların amortisör komponentleriyle birlikteki görüntüsü görülmektedir.

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



Görsel 12. Helisel yayaların amortisör komponentleriyle birlikteki görüntüsü.

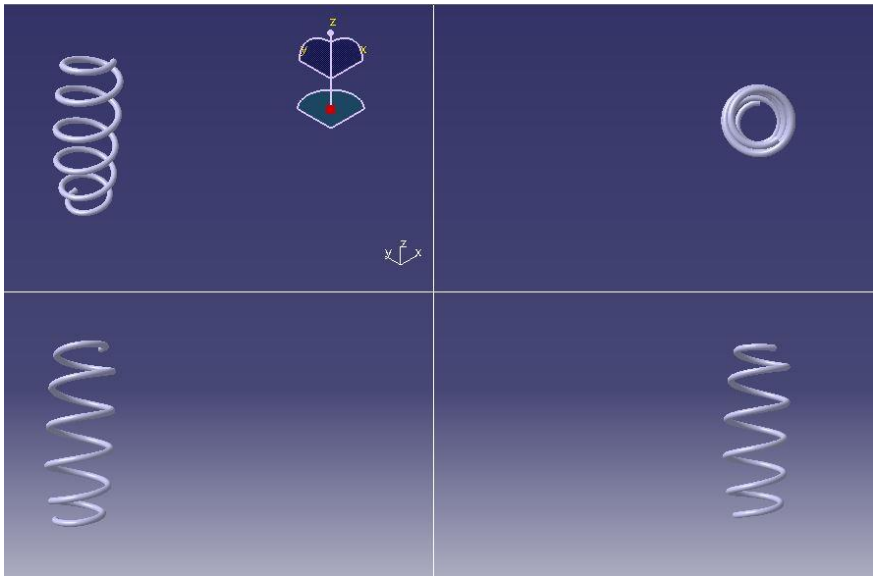
Yayın taşıyacağı maksimum kuvvet hareket mesafesi, minimum boyu, maksimum boyu ve rate değerine göre helisel yay tasarlanır. Rate değeri Bunun dışında yayın oturacağı üstte tarafta bulunan Upper Seat ve alt tarafta bulunan Lower Seat kısımlarına minimum 220° tamamen temas etmelidir. Bu etkende yayın tasarımında dikkat edilecek hususlardandır. Amortisör sisteminde bulunan bu parçalar yaya direkt temas eden parçalardır. Aksi halde hesaplanan yay parametreleri farklılık gösterir. Tasarlanan yay modellenir ve analiz programına aktarılır. Analiz programından çıkan sonuçla yorulma ömrü hesaplanır. Yorulma ömrü isterleri karşılarsa üretimine geçilir. İsterler karşılanmaz ise tasarımda değişiklik yapılarak optimum tasarım bulunur. Yay üretimi şekillendirme ile başlar. Soğuk ve sıcak olarak 2 tür şekillendirme vardır. Sıcak şekillendirmede perlit ferrit mikro yapısına sahip çubuk östenit fazına çıkarılır, kılavuz makarası yardımı ile malafanın üzerine sarılarak yapılır. Sıcak sarılan yay sertleştirme için yağa atılır ve ardından temperlenir. Diğer üretim yöntemi ise soğuk sarımdır. Soğuk sarımda kullanan hammadde ısıl işlem görmüştür. Temper martenzit olarak alınan hammadde soğuk sarım makinesinde uzayda 3 boyutlu olarak sarılır. Sarımda oluşan iç gerilmeleri gidermek için gerilim giderme tavlaması yapılır. Ardından her iki üretim yönteminden çıkan yaylar aynı proseslere girer. Sertleştirmiş yaylar önce yay maksimum kaybedeceği yüke kadar plastik deformasyon yapılır. Ardından Shot Peening prosesine girer. Bu proseste parçanın yüzeyine çelik bilyeler püskürtülür. Yüzeye çarpan bilyeler yüzeyi temizler, yüzeyde basma gerilmeleri oluşturarak yorulma sırasında oluşan çekme gerilmelerini nötralize ederek yorulma ömrünü arttırır aynı zamanda kendisinde sonra gelen boya prosesi için boyanın tutunacağı pürüzlü bir yüzey hazırlar. Boya prosesinde sonra nihai ürün elde edilmiştir. Nihai ürünün boyutsal ve

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

kuvvet bazlı ölçümleri yapılır. Ardından yorulma testine tabi tutulur. Yorulma testinde istenen çevrim sayısına ulaşılamazsa yay geometrisinde değişiklik yapılarak istenen değerleri karşılayan yay üretilene kadar bu işlemler devam eder.

2.1 Yay Tasarımı

Helisel yay tasarımı yapılırken yayın çalışacağı paket göz önüne alınarak tasarlanır. Helisel yayın paketini belirleyen faktörler komşu parçalardır. Mevcut durumda tasarlanan helisel yay komşu komponentler (Upper Seat, Lower Seat, amortisör körüğü vb.) dikkate alınarak tasarlanır. Yeni tasarlanan helisel yay mevcut helisel yayın tel çapından 0,4 mm daha incedir. Mevcut rate ve yükü karşılayabilmesi için yeni tasarlanan helisel yay mevcut helisel yayın dış gövde çapından daha küçük tasarlanmıştır. Bu sebeple tel çapı daha küçük olmasına nazaran aynı rate ve yük değerini karşılayabilmektedir. Görsel 13. mevcut helisel yayın ve yeni tasarlanan helisel yayın CAD görüntüleri görülmektedir.

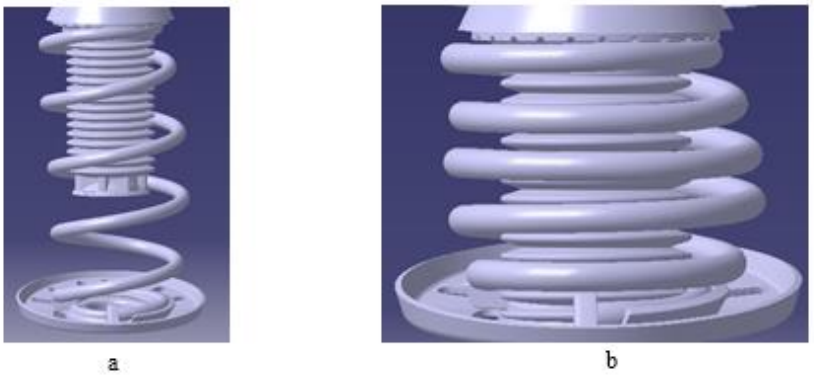


Görsel 13. Mevcut helisel yayın ve yeni tasarlanan helisel yayın CAD görüntüleri.

Yeni helisel yayın tasarımı yapılırken komşu parçalarla olan ilişkisi de geliştirilmiştir. Mevcut durumdaki helisel yayın dış gövde çapı yeni tasarlanan helisel yay nazaran daha büyük olduğu için amortisör körüğüne temas problemi yoktur. Yeni tasarlanan helisel yayda amortisör

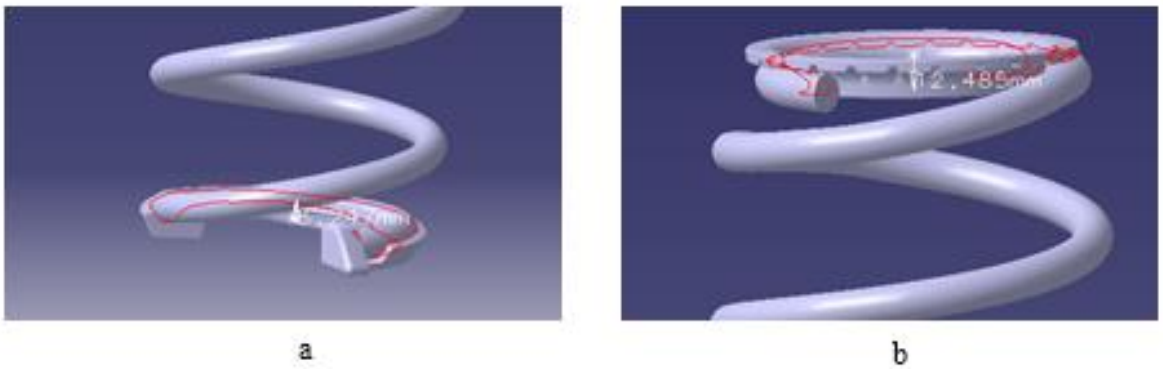
ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

körüğüne olan mesafe minimum 10 mm olacak şekilde ayarlanmıştır. Görsel 14. helisel yayın Rebound ve Jounce pozisyonlarında amortisör körüğüne olan uzaklığı görülmektedir.



Görsel 14. a) Helisel yayın Rebound pozisyonu. b) Helisel yayın Jounce pozisyonu.

Helisel yayın birlikte çalıştığı komponentlerden olan Upper Seat ve Lower Seat parçalarıyla olan ilişkisinde de iyileştirilmeler yapılmıştır. Görsel 15. tasarlanan helisel yayın Rebound pozisyonunda Upper Seat ve Lower Seat komponentleri ile ilişkili Cad dosyası. Mevcutta kullanılan helisel yay Upper Seat ile %100 temas etmemekteydi. Bunun dışında minimum 220° temas yüzeyi olacak şekilde tasarlandı. Temas yüzeyi arttırılarak teoride hesaplanan parametrelerin doğru çalışmasını aynı zamanda minimum 220° temas yüzeyi korunarak helisel yayın çalışma sırasında Lower Seat ve Upper Seat' ten ayrılmaması sağlanmış oldu.

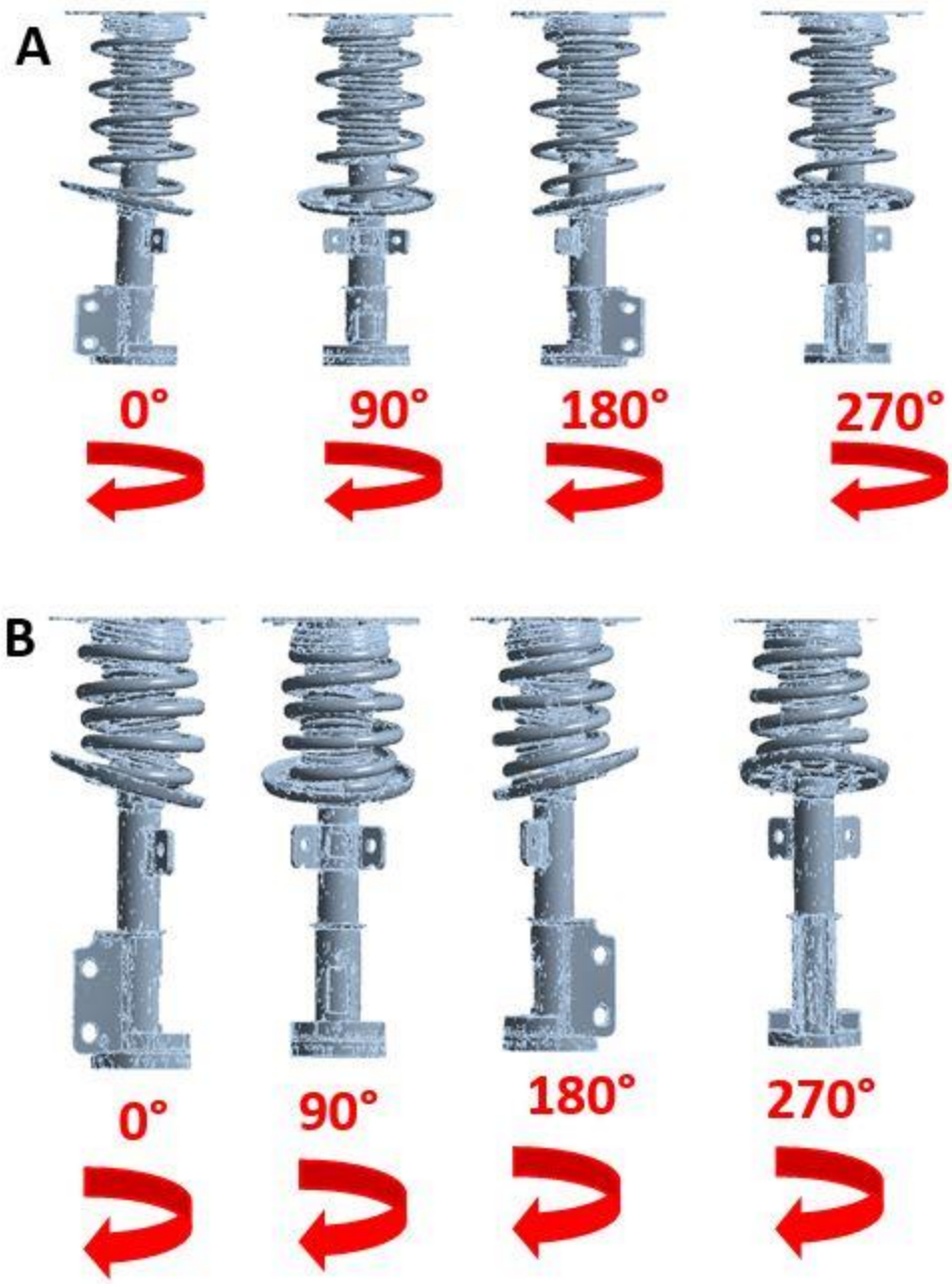


Görsel 15. Tasarlanan Helisel yayın Rebound pozisyonunda a) Upper Seat ile ilişkisi. b) Lower Seat komponenti ile ilişkisi.

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

2.1.1 Sonlu Elemanlar Analizi

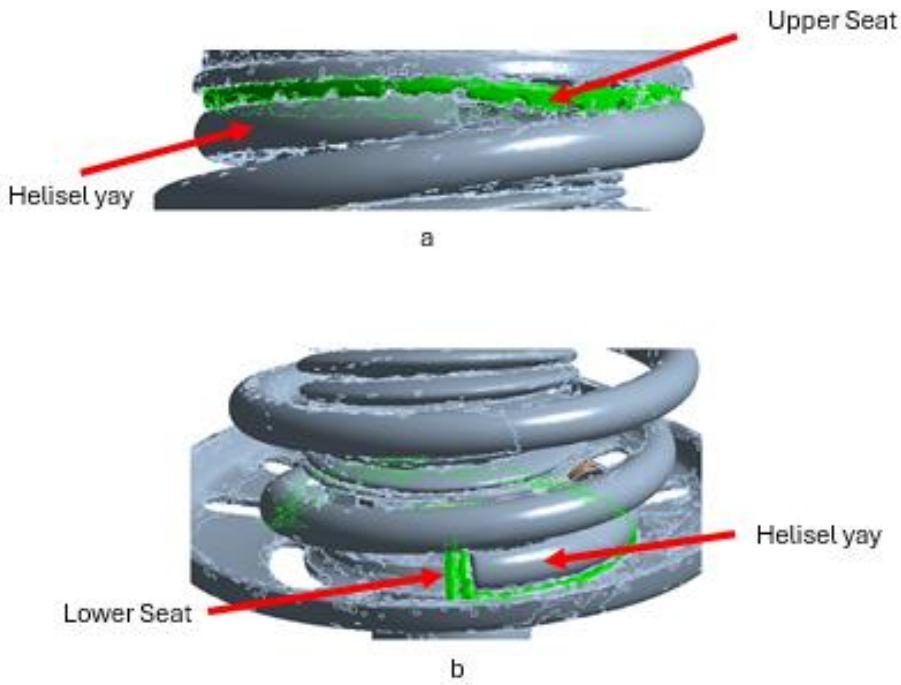
Katı modellenen helisel yay komşu komponentler arasındaki ilişki için sonlu elemanlar analizi simülasyonuyla uyum ve temas analizi yapılmıştır. Görsel 16. sonlu elemanlar yöntemi temas ve uyum analizinde 90° çevrilerek görseller alınmıştır. A görselinde görülen durum helisel yayın Rebound konumudur. B görselinde görülen durum ise Jounce pozisyonudur. Her iki konumda ve aralığında amortisör körüğünün helisel yay ile temas etmediği görülmüştür.



Görsel 16. Sonlu elemanlar yöntemi temas ve uyum analizi.

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

Sonlu elemanlar analizinde Upper Seat ve Lower Seat komponentlerinin Jounce boyundaki temas analizi yapılmıştır. Helisel yayın araç üzerindeki ulaşabileceği minimum noktaya kadar sıkıştırılmıştır. Görsel 17. Jounce pozisyonunda Upper Seat ve Lower Seat ile helisel yay arasındaki ilişki gösterilmiştir. Helisel yay ve komponentlerin arasındaki temasın kopmadığı görülmüştür.



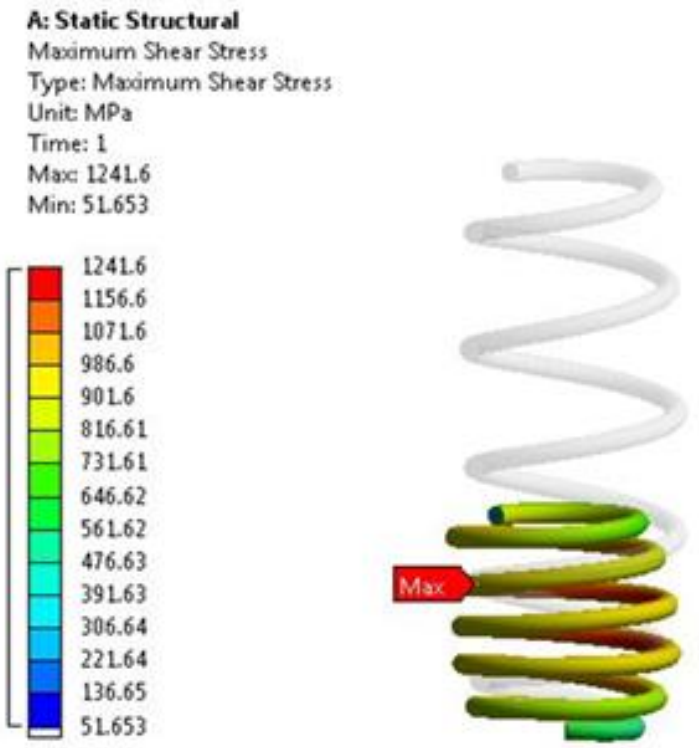
Görsel 17 Jounce pozisyonunda a) Upper Seat ile b) Lower Seat ile helisel yay arasındaki ilişki.

2.1.2 Stres Analizi

Helisel yay yapılan bir diğer analiz ise stres analizidir. Görsel 18. sonlu elemanlar yöntemi ile yapılan stres analizi görülmektedir. Helisel yayda oluşacak maksimum stres akma gerilmesinin altında kalması gerekmektedir. Akma mukavemetinin üstünde bir strese maruz kalan helisel yay önce plastik şekil değiştirir. Bu durumda bütün hesaplanan ölçüler değişmiş olur. Sonrasında ise yay kırılır. Stres analizi yayın en küçük durumu olan jounce pozisyonunda

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

yapılır. Araç üzerinde helisel yayın en kısa olduğu hali jounce boyudur. Helisel yay bu konuma gelebilmesi için aracın maksimum yükle yüklenip kasise girmesi gerekmektedir. Ve bu durumda helisel yayda oluşabilecek maksimum stres oluşur. Analiz sonucunda maksimum stres 1241,6 MPa bulunmuştur. Parçanın akma mukavemeti 1657,5 MPa.'dır. Analiz sonucunda maksimum stres akma mukavemetinin altında olduğu görülmüş olup isterleri karşılamaktadır.



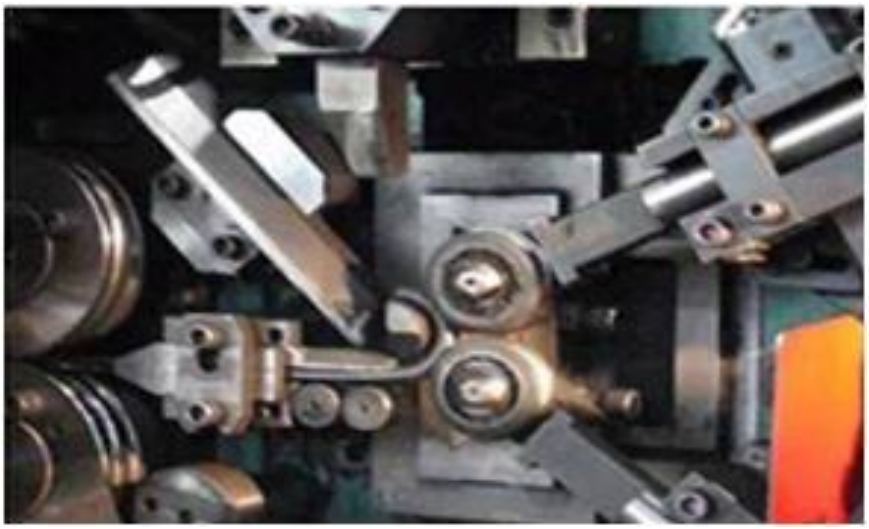
Görsel 18. Sonlu elemanlar yöntemi ile yapılan stres analizi.

2.2 Helisel Yayın Üretimi

Tasarımı yapılan helisel yay analizlerde istenen koşulları sağlar ise üretime geçilir. Yeni tasarlanan helisel yay soğuk sarım yöntemi ile sarılmıştır. Soğuk sarım yönteminin avantaları arasında sıcak sarımda olduğu gibi malafaya ihtiyaç duymadığından üretim kolaylığı açısından daha makul kalmaktadır. Sıcak sarım prosesinde östenite alınmış çubuk makara yarımıyla malafanın üzerinde sarılmaktadır. Soğuk sarımda ise istenen yay ısıl işlem görmeden uzayda 3 boyutlu olarak sarılmaktadır. Görsel 19. soğuk sarım makinesi görülmektedir. Ayrı soğuk

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

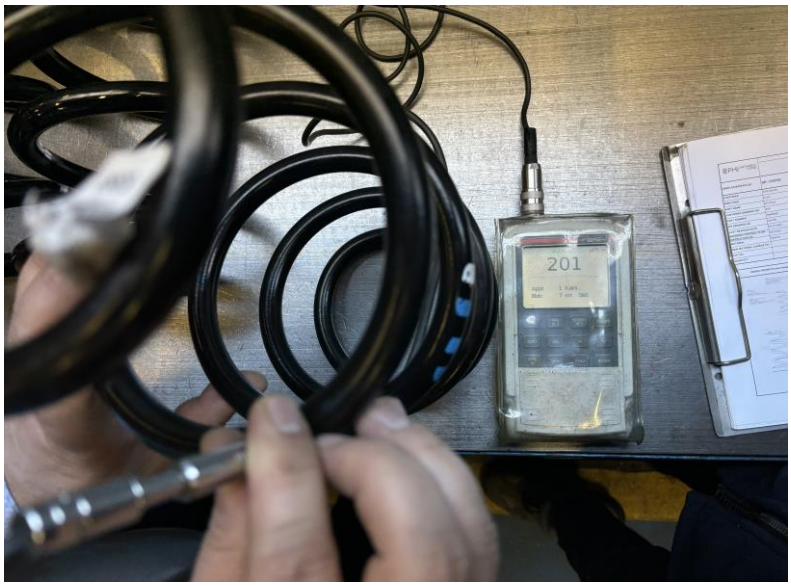
sarımda kullanılan hammadde ısıl işlem gördüğü için sarımdan sonra sertleştirme prosesine gerek yoktur. Bunların dışında sıcak şekillendirme sonrası sertleştirme işlemi sonrasında helisel yayın geometrisi değişmektedir. Bu nedenlerle soğuk sarım yöntemi seçilmiştir.



Görsel 19. Soğuk sarım makinesi.

Helisel yaya geometrisi kazandırıldıktan sonra sarım sırasında oluşan iç gerilmeleri gidermek için gerilim giderme tavlaması uygulanmaktadır. Sonraki proses bloklama prosesidir. Bu proseste yay sıkıştırılarak nihai boyutları kazandırılır. Aynı zamanda plastik deformasyona maruz bırakıldığı için sertlikte biraz artış gözlemlenir. Ardından kumlama ve boya prosesleri gelir. Kumlama prosesi yüzeyde oluşan oksit tabakasından ve kirlerden temizlemek için, boyanın tutunacağı pürüzlü bir yüzey oluşturmak için ve yüzeyde basma gerilmeleri oluşturularak yorulma ömrünü arttırmak hedeflenir. Son olarak boya prosesi gelir. Helisel yayın üzerinde ortalama 200 µm boya kalınlığı olacak şekilde boyanmış ve nihai ürün haline gelmiştir. Görsel 20. boya kalınlık ölçümü görülmektedir.

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



Görsel 20. Boya kalınlık ölçümü görülmektedir.

Üretim aşamasından sonra yayın ölçümleri yapılmıştır. Mevcut durumda kullanılan helisel yayın tel çapı 14.20 mm'dir, boyandıktan sonra nihai ürünün tel çapı 14.60 mm ölçülmüştür. Yeni tasarlanan helisel yayın tel çapı 13.80 mm'dir, boyandıktan sonra nihai ürünün tel çapı 14.20 mm ölçülmüştür. Görsel 21. helisel yayların tel çap ölçüleri görülmektedir.



Görsel 21. Helisel yayların tel çap ölçüleri.

Kalınlık ölçümlerinden sonra yeni tasarlanmış olan helisel yayın rate ve yük ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Rate değeri helisel yayın 1 mm sıkışması için gerekli kuvveti verir. Görsel 22. rate ölçüm görüntüleri görülmektedir.

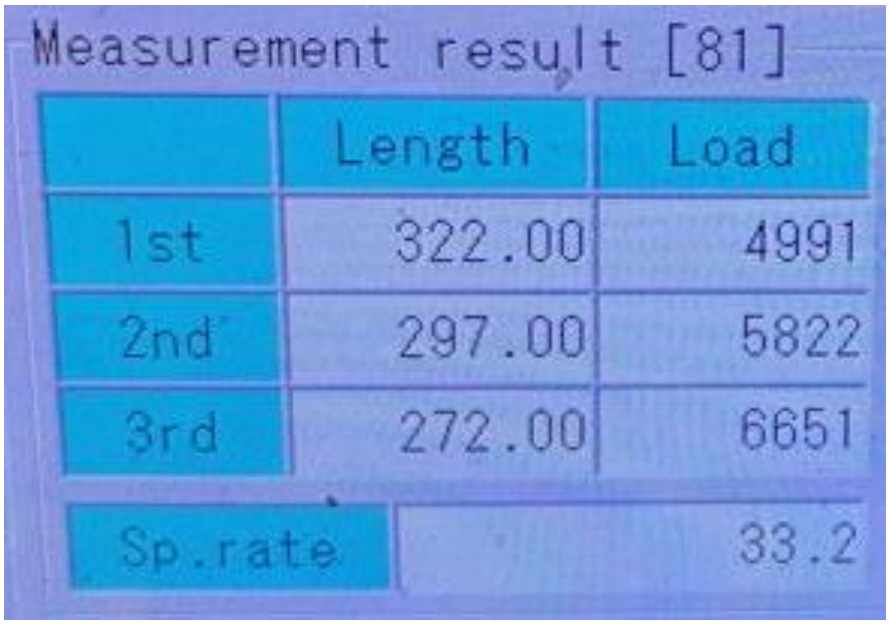
ISBN NR. : 978-625-5962-10-2



Görsel 22. Rate ölçüm görüntüleri. a) Rebound b) Jounce pozisyonu.

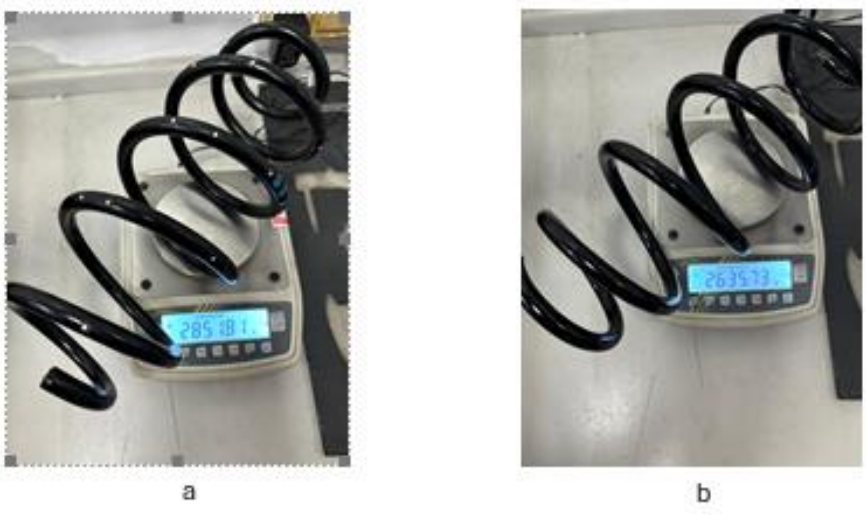
Rate değeri helisel yayın konfor parametresi olarak kullanılır. Rate değerinin yüksek olması helisel yayın daha sert karakterde olacağını, düşük olması ise daha yumuşak karakterde olduğunu gösterir. Yük değeri ise taşıyabileceği maksimum kuvveti gösterir. Yeni tasarlanan helisel yay mevcut durumdaki yayın rate ve yük değerleri korunarak tasarlanmıştır. Görsel 23. yeni tasarlanan helisel yayın rate ve yük değeri görülmektedir. 1st değeri ve 3rd değeri rate değerini ölçmek için kullanılır. 2nd değeri yük ölçümü için kullanılır. Rate değeri ise en altta görülmektedir. Rate değeri 33.2 yük değeri ise 5822 ölçülmüştür.

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



Görsel 23. Yeni tasarlanan helisel yayın rate ve yük değeri.

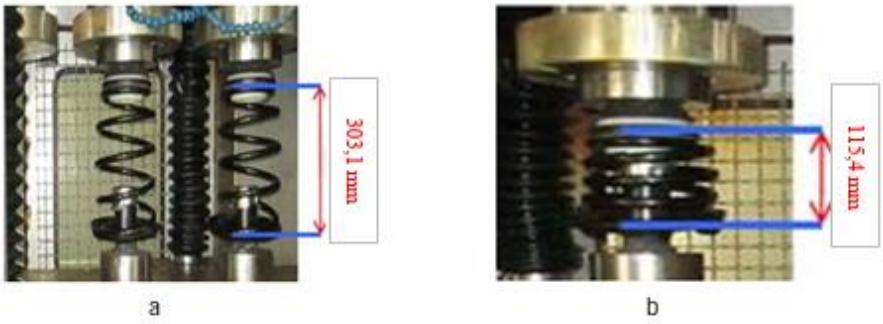
Mevcutta kullanılan helisel yayın ve yeni tasarlanan helisel yayın ağırlık ölçümleri yapılmıştır. Görsel 24. ağırlık ölçümleri görülmektedir. Mevcut durumda kullanılan helisel yayın ağılığı 2851 g gelmektedir. Yeni tasarlanan helisel yayın ağırlığı ise 2635 g gelmektedir. Bir helisel yaydan 216 g hafifleme elde edilmiştir. Bir araçta 4 adet helisel yay olduğu düşünülürse araç başına toplam 864 g hafiflik elde edilmiş olur.



Görsel 24. Ağırlık ölçümleri. a) Mevcutta kullanılan yay. b) Yeni tasarlanan yay.

2.3 Yorma Testi

Otomobil çukur ve tümseklere girdikçe araçtaki helisel yaylar elastik şekil değiştirerek enerjiyi sönümler. Tasarlanan helisel yayda oluşan maksimum stres akma mukavemetinin altında olsa bile kırılma ihtimaliyle karşı karşıyadır. Plastik deformasyona uğramayan helisel yay elastik bölgede yüzeyinde mikro plastik deformasyona uğrayarak yüzeyinde mikro kayma bölgeleri oluşur. Bu bölgeler çentik etkisi oluşturarak bölgesel stresi artmasına neden olur. Çatlak çekirdeklenmesiyle beraber çatlak ilerlemeye başlar ve parça kırılır. Bu duruma yorulma ömrü denir. Yorulma testleri akma mukavemetinin altında çevrimli yükler uygulanarak yapılır. Çevrim sayısı parçanın yorulma ömrünü belirler. Nihai ürün haline getirilmiş helisel yaylar son olarak yorulma testine tabi olurlar. Görsel 25. yorulma testi yapılan helisel yayların görüntüsü görülmektedir.



Görsel 25. Yorulma testi yapılan helisel yayların görüntüsü görülmektedir. a) Rebound pozisyonu b) Jounce pozisyonu.

Helisel yayların yorma testi yayları belli bir boya sıkıştırıp ardından gevşeterek yapılır. Her bir sıkışıp gevşemeye bir çevrim denir. Yeni tasarlanan helisel yaylar 303.1 mm'den 115.4 mm sıkıştırılıp gevşetilmiştir. Stroke değeri 187,7 mm'dir. Görsel 26. test parametreleri verilmiştir.

TEST CONDITIONS	
Stroke (mm)	187,7
Stroke Lengths (mm)	L_{max}=303,1 L_{min}=115,4

Görsel 26. Test parametreleri.

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

Toplam 8 adet helisel yay testine tabi tutulmuştur. Görsel 27. Test sonuçları görülmektedir. Test sonucunda bütün yayların 700.000 çevrim sonunda kırılmadığı görülmüştür. Test içeriğinde teste başlamadan önce helisel yayın yük değeri ölçülür. Test bitiminde de helisel yayın yük değeri ölçülüp yük değerinde ne kadar kayıp olduğu hesaplanır. Hesaplamalar sonucunda en fazla yük düşüşü %1,65 olup yük değeri 96 N' dur. %6' ya kadar olan yük düşüşleri kabul edilir. Mevcutta kullanılan helisel yayın minimum 400.000 çevrimde sağlam kalması testi başarılı kabul etmeye yeterlidir. Yeni tasarlanan helisel yayların 700.000 çevrimde sağlam kalması ve maksimum %1,65'lik oranla yük değerinde azalma ile yorma testinden geçmiştir.

RESULTS:

SAMPLE NO	LOAD BEFORE TEST [N]	LOAD AFTER 400K [N]	LOAD LOSE [N]	LOAD LOSE %	MM loss at Pn	Cycles	Results	Continuous from 400K
1	5877.00	5788.00	89.00	1.51%	2.67	400 000	NO BREAKAGE	700000
2	5900.00	5826.00	74.00	1.25%	2.22	400 000	NO BREAKAGE	700000
3	5898.00	5824.00	74.00	1.25%	2.22	400 000	NO BREAKAGE	700000
4	5888.00	5821.00	67.00	1.14%	2.01	400 000	NO BREAKAGE	700000
5	5824.00	5749.00	75.00	1.29%	2.25	400 000	NO BREAKAGE	NO BREKAGE
6	5835.00	5760.00	75.00	1.29%	2.25	400 000	NO BREAKAGE	
7	5811.00	5715.00	96.00	1.65%	2.88	400 000	NO BREAKAGE	
8	5858.00	5772.00	86.00	1.47%	2.58	400 000	NO BREAKAGE	

Görsel 27. Test sonuçları.

4. GENEL DEĞERLENDİRME VE SONUÇLAR

- Yeni tasarlanan helisel yay mevcutta kullanılan helisel yay nazaran helisel yayın komşu komponentleriyle daha uyumlu çalışması sağlanmıştır.
- Helisel yayın amortisör sisteminde temas ettiği Upper seat ve Lower Seat parçalarına uyumu iyileştirilmiştir.
- Amortisör sisteminde helisel yayın iç kısmında bulunan amortisör körüğü ile minimum düzeyde mesafe bırakılarak mevcutta kullanılan helisel yayın rate ve yük değerleri karşılanmıştır.
- Yeni tasarlanan helisel yay yorma testinden başarı ile geçmiştir.
- Bütün parametreleri karşılayan ve testlerden başarı ile geçen yeni tasarlanmış helisel yay 216 gram hafifletilmiş olup araçta toplamda 864 gramlık hafiflemeye ulaşılmıştır.

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

KAYNAKÇA

1. Megep, *Süspansiyon Sistemleri*, Ankara, 2005.

2. Gümüş, F., *Bilgisayar Destekli Helisel Yay Tasarımı,* Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Fen Sosyal Bilimler Enstitüsü, Ankara, 2006.

INVESTIGATION OF AISI 52100 MACHINABILITY IN DIFFERENT HARDNESSES AND CUTTING CONDITIONS

Assoc. Prof. Dr. Abidin ŞAHİNOĞLU

Manisa Celal Bayar University, Technical Sciences Vocational School,

Department of Machinery and Metal Technologies

ORCID ID: https://orcid.org/0000-0003-0040-442X

abidinsahinoglu@gmail.com

Abstract

AISI 52100 Steel material is widely used in industry especially due to its hardenability and wear resistance. However, the machinability of these materials is more difficult. In recent years, many important studies have been carried out on the machinability of this material. AISI 52100 Steels can have different hardness values. In this experimental study, the machinability of AISI 52100 Steel material with two different hardness values was compared. It was aimed to investigate the effects of different cutting parameters on vibration and power consumption. Thus, the results obtained at 3 different cutting depths, 3 different cutting speeds and 3 different feed values were compared. Since the breaking strength increased with increasing hardness value, more energy was needed to break the chip. Since breaking the chip became more difficult with increasing hardness value, vibration increased. In addition, since the cutting force increased with increasing feed value and cutting depth, power consumption and vibration value increased. There is a direct relationship between the hardness of the workpiece, increasing feed rate and cutting depth, and vibration and power consumption. As a result, lower feed and cutting depths can be preferred despite the increased hardness value in order not to increase the vibration value excessively. In addition, it was observed that there was a positive correlation between vibration and power consumption for AISI 52100 Steel material.

Keywords: hard turning, vibration, AISI 52100, Cutting Power

INTRODUCTION

Hard turning has more advantages than cylindrical grinding[1]. High material removal and high surface quality are obtained at the same time [2].Energy consumption is lower in hard turning process[3].

AISI 52100 It is widely used in places where high yield strength [4] [5]wear resistance are required, especially in bearing industry [4][6][7]. AISI 52100 Steels have started to be used more and more in heavy industry[8]and automobile industry [2]. AISI 52100 Steels are widely used in industry with different hardness values [4].Therefore, in this experimental study, the machinability of AISI 52100 steel at different hardnesses was investigated. In addition, white layer formation is an important problem in the machining of these steels[1].

Energy consumption has become an important problem with increasing population and industrialization. Energy resources are depleted more and more every day. Rapid decrease in energy resources causes many ecological and economic problems [9].Increasing energy consumption has made it necessary to use more fossil fuels to produce more energy. Harmful gases released as a result of increasing fossil fuel consumption accumulate in the atmosphere. These accumulated gases make it difficult for sunlight to separate from the atmosphere. These gases held in the atmosphere create more greenhouse gas effects. Therefore, examining power consumption is important[5][10].

Vibration is an important subject of study in hard turning [2]. Vibration increases as the material hardness increases. Increased vibration causes tool wear and deterioration of surface quality. Increased tool wear causes increased processing costs. In addition, tool wear causes energy consumption to increase. Increased vibration causes increased noise level. It causes tool wear and increased temperature in the workpiece. Therefore, studies to reduce vibration are of great importance [3].In this experimental study, suitable cutting conditions were examined to reduce vibration.

When the studies conducted are examined, the machinability study of AISI 52100 Steel with different hardness is of great importance. Investigation of vibration and power consumption occurring in these steels at different hardnesses and under different processing conditions has been an important research topic.

MATERIAL AND METHOD

In this experimental study, AISI 52100 Steel material with two different hardness values was processed under different cooling conditions and 3 different feed, cutting speed and cutting depth. A 250 mm long material and a 60 mm diameter workpiece were processed between the chuck and the center.

Vibration and instantaneous power consumption values were measured during each process. Variance and regression analysis were performed with the Minitap program.

Vibration and energy consumption values were measured with devices belonging to PCE. Power consumption was obtained by multiplying the current value with the voltage value.

High quality DCMT 11T308 sintered carbide was used due to the high hardness of the workpiece. Machining experiments were performed in accordance with turning standards. The cutting tool catalog was examined while determining the cutting parameters. Turning experiments were performed on a rigid CNC machine. 0.2 mm of chips were removed from the surface of the workpiece before processing. The cutting tool was connected as short as possible to minimize the runout.

The devices used were calibrated. The average of three different measurements was taken for each experiment. Thus, instantaneous fluctuations in vibration and current values were prevented from affecting the measurement result.

EXPERIMENTAL RESULTS

The power consumption equation depending on the cutting conditions was created. The power consumption value can be estimated with 97.28% accuracy.

Pow.Con.(W)=3819 + 76,4 Hardness - 1115 CoolC. + 8924 a (mm) + 31,3 v (m/min) - 8431 f (mm/rev)
+ 43,0 CoolC.*CoolC. - 300 a (mm)*a (mm) - 0,0261 v (m/min)*v (m/min) + 29648 f (mm/rev)*f (mm/rev)
+ 17,24 Hardness*CoolC. - 102,3 Hardness*a (mm) - 0,437 Hardness*v (m/min) + 157 Hardness*f (mm/rev)
- 819 CoolC.*a (mm) + 1,325 CoolC.*v (m/min) - 288 CoolC.*f (mm/rev) + 9,52 a (mm)*v (m/min)
- 6848 a (mm)*f (mm/rev) + 4,3 v (m/min)*f (mm/rev)

As seen in Figure 1, the regression equation is feed rate and cutting speed. These are followed by the depth of cut. Values below 2.12 are not important in the regression equation.

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

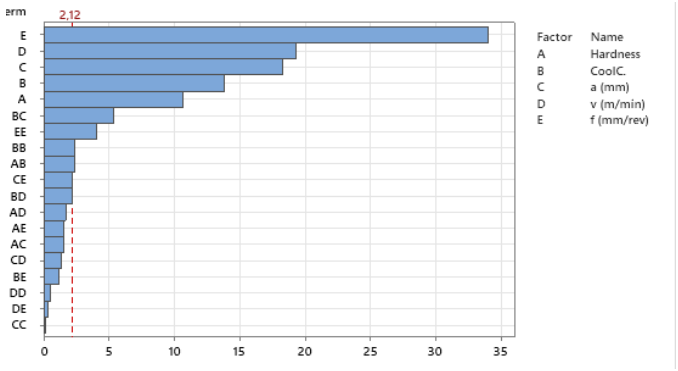


Figure 1. Effective parameters in the power consumption regression model

Measuring tool vibration is difficult. Moreover, it requires expensive equipment. Therefore, a mathematical model of tool vibration has been developed. According to this model, tool vibration can be predicted with 97.33% accuracy.

Vib.Tool(m/s2)=-3,56 + 0,1460 Hardness + 0,730 CoolC. - 0,73 a (mm) - 0,0154 v (m/min) - 5,9 f (mm/rev) + 0,0229 CoolC.*CoolC. + 8,08 a (mm)*a (mm) + 0,000110 v (m/min)*v (m/min) + 2,8 f (mm/rev)*f (mm/rev) - 0,0222 Hardness*CoolC. + 0,084 Hardness*a (mm) - 0,000507 Hardness*v (m/min) + 0,471 Hardness* f (mm/rev) - 0,525 CoolC.*a (mm) + 0,00302 CoolC.*v (m/min) - 0,712 CoolC.*f (mm/rev) + 0,0096 a (mm) *v (m/min) - 9,14 a (mm)*f (mm/rev) - 0,0009 v (m/min)*f (mm/rev)

The most effective parameter in the formation of the regression equation is the feed rate. The feed rate is not followed by the depth of cut. Factors below the value of 2.12 are ineffective. Figure 2 shows the effect of cutting conditions or cutting parameters on tool vibration. Similar results have been seen in other studies [3].

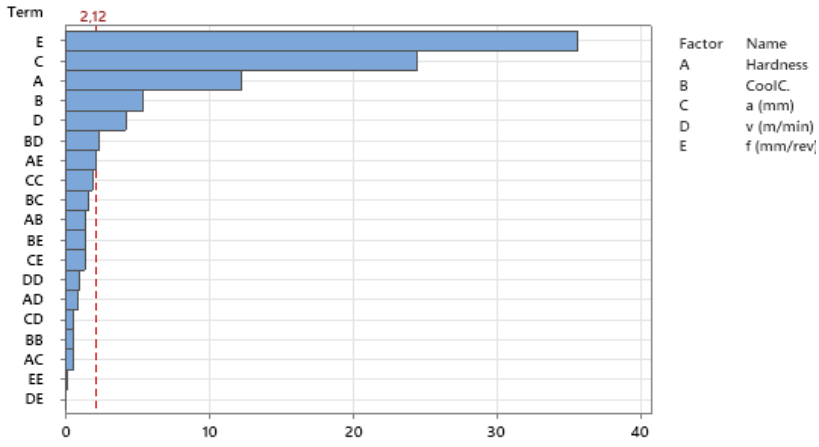


Figure 2. The most effective parameters in creating tool vibration

Figure 3 shows the relationship between power consumption and vibration. As power consumption increases, cutting forces increase. Therefore, vibration increases with increasing cutting force. There is a strong correlation between power consumption and vibration. Similar results have been seen in other studies [3].

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

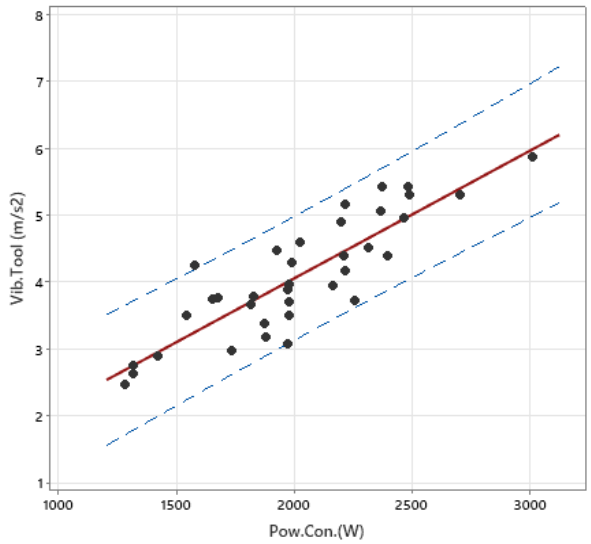


Figure 3 Relationship between power consumption and vibration

As seen in Figure 4, the vibration value increases with increasing feed rate and cutting depth. In addition, when the hardness value of the steel increases, the strength increases because the yield and rupture strength increases. As the strength of the steel increases, the vibration generated during chip removal in the steel increases. Other researchers have found similar results in 52100 steel [2].

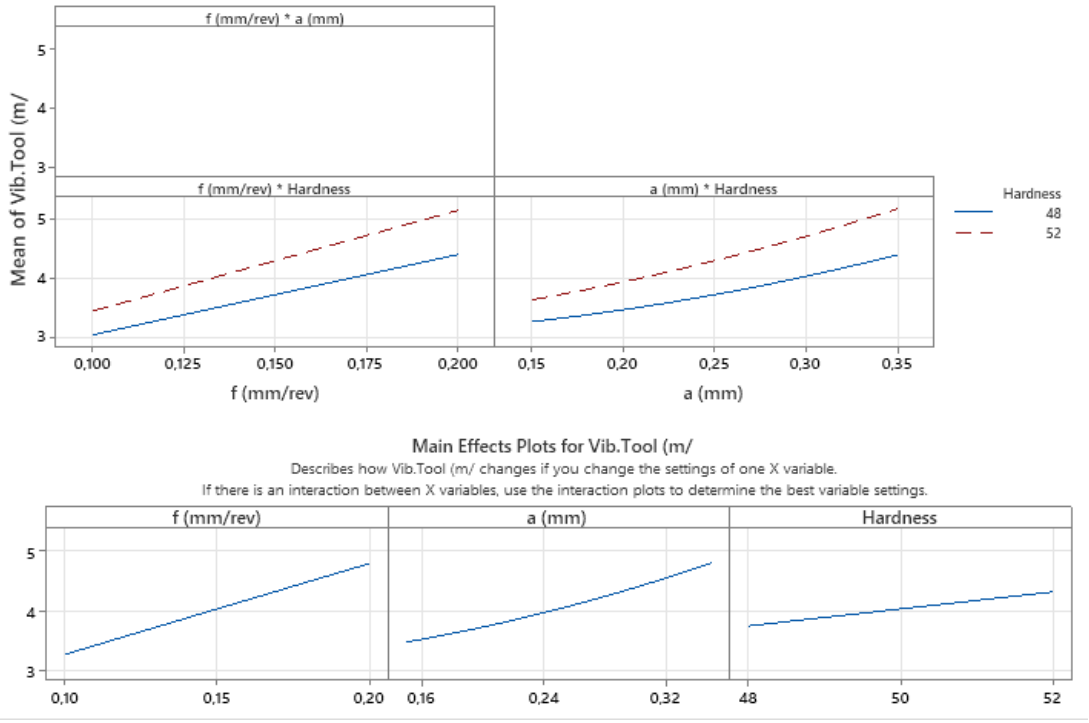


Figure 4. Effect of hardness and cutting parameters on tool vibration

The mathematical equation of tool vibration is shown in Figure 5 and Figure 6. This equation depends on feed rate, depth of cut and hardness. The most effective parameter in the formation of the regression equation is the feed rate.

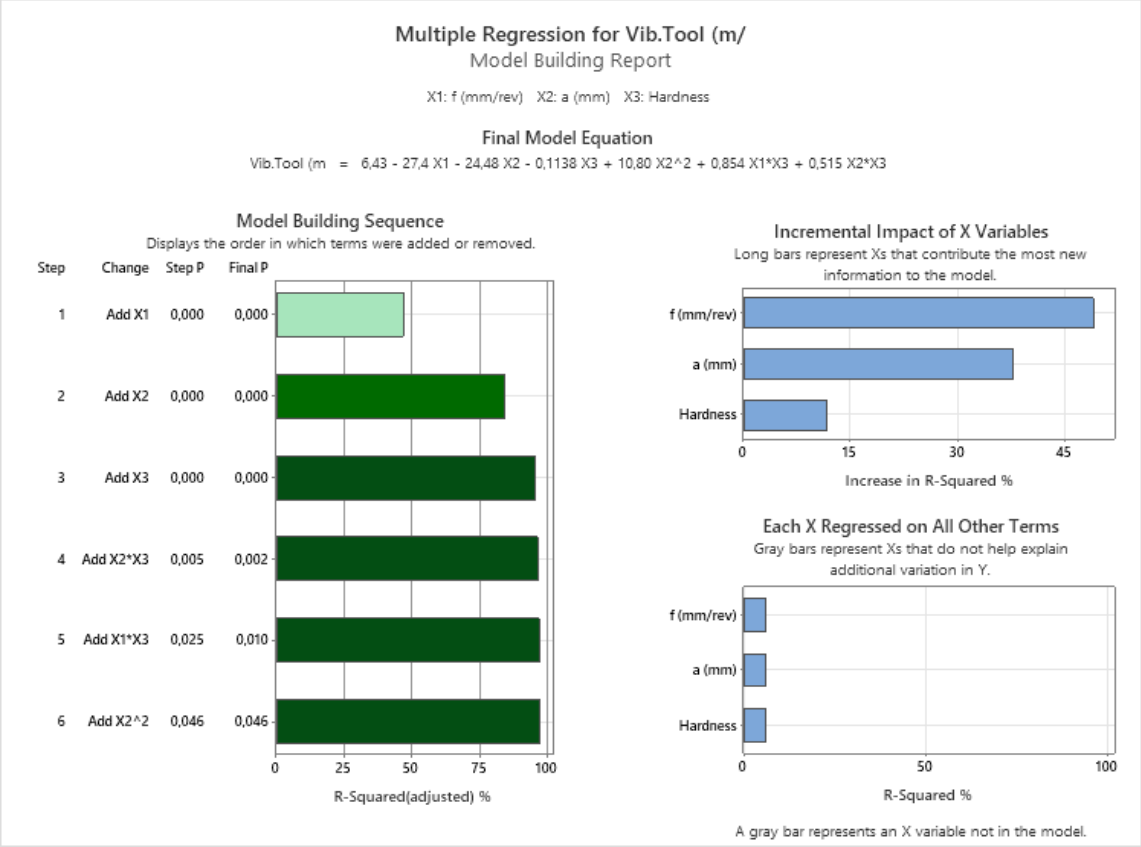


Figure 5. Effect of cutting conditions on power consumption

Power consumption increases with increasing feed rate, depth of cut and workpiece hardness value. Cutting force increases with increasing chip amount. This situation increases power consumption. With increasing hardness value, the breaking strength of the material increases. Therefore, power consumption or current value drawn by the machine tool increases. Similar results were also seen in the machining of other materials such as CuZn39Pb3 [11], AISI 1040[12], AISI S1[13] steels.

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

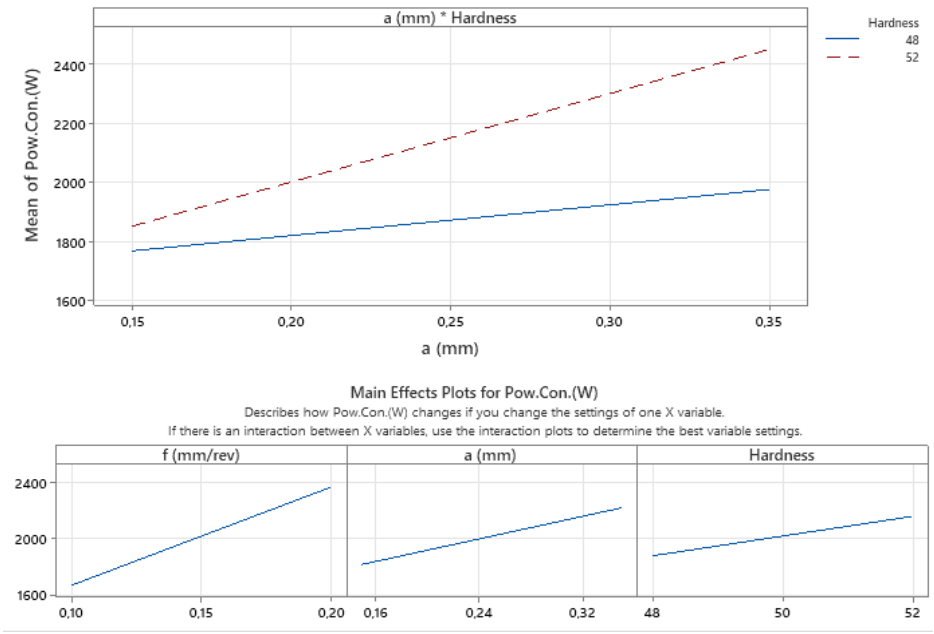


Figure 6. Effect of cutting conditions on power consumption

Many parameters are effective on power consumption value. However, the most effective parameters are feed rate, depth of cut and hardness. The regression equation depending on these three values is shown in Figure 7. The mathematical equation of power consumption gives the experimental results.

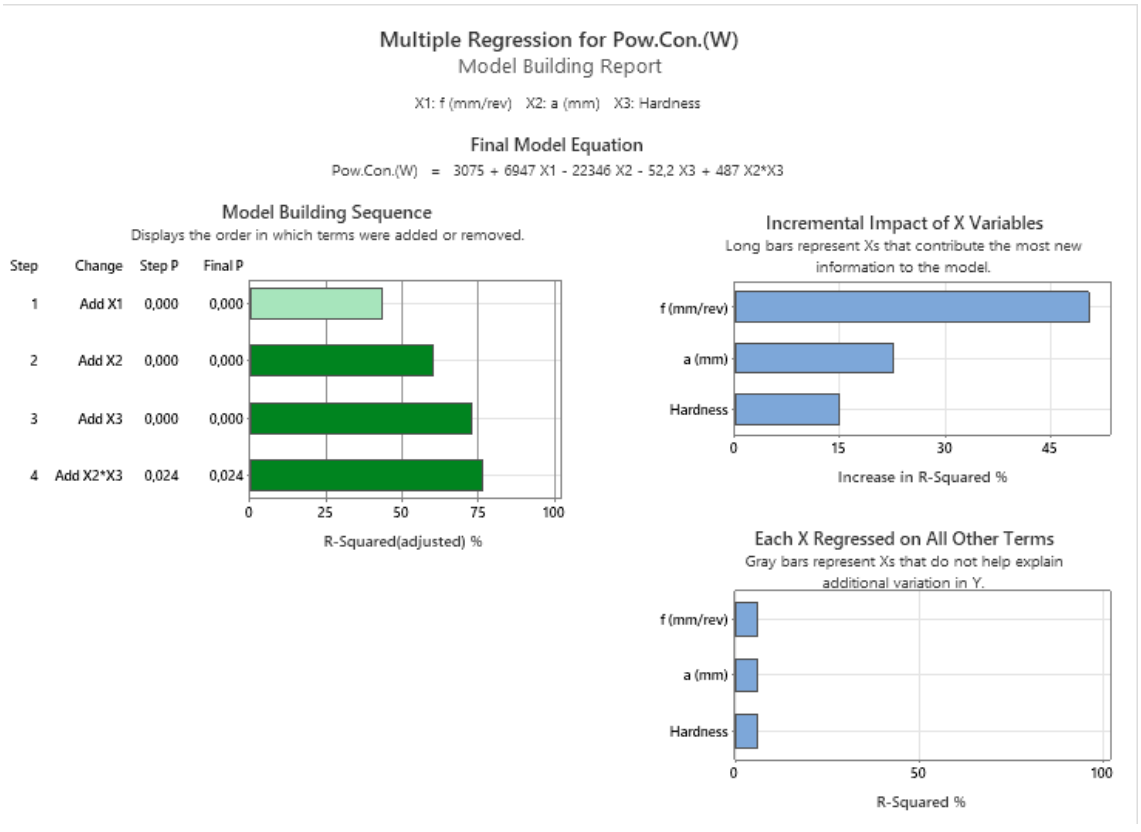


Figure 6. Effect of cutting conditions on regression power consumption

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

As seen in Figure 8, power consumption increased with increasing feed rate and depth of cut. Power consumption increases slightly with increasing hardness value. No significant change was observed with the cooling system.

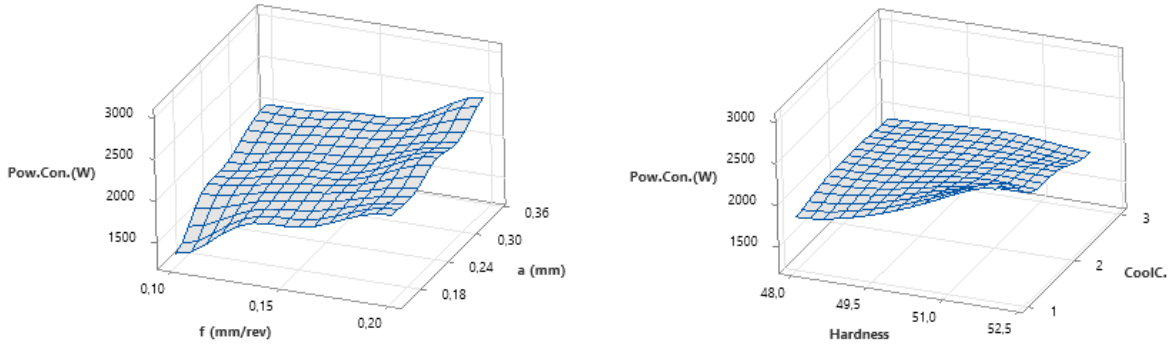


Figure 8. Relationship between power consumption and cutting conditions

Cutting conditions have a significant effect on the vibration value. Figure 9. The relationship between vibration and cutting conditions is seen. The vibration value increases with increasing workpiece hardness value, feed rate and cutting depth.

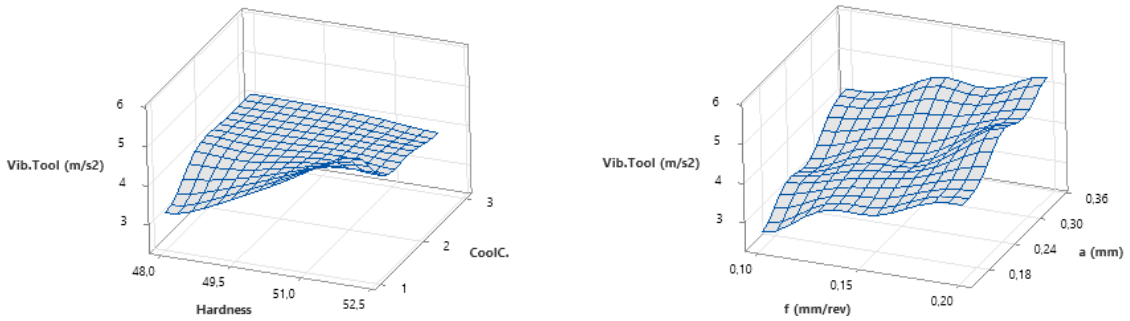


Figure 9. Relationship between vibration and cutting conditions

Figure 10 shows the effect of power consumption and feed rate on tool vibration. It is seen that there is a linear relationship between increasing power consumption and tool vibration. Similar results have been seen in other studies [14].

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

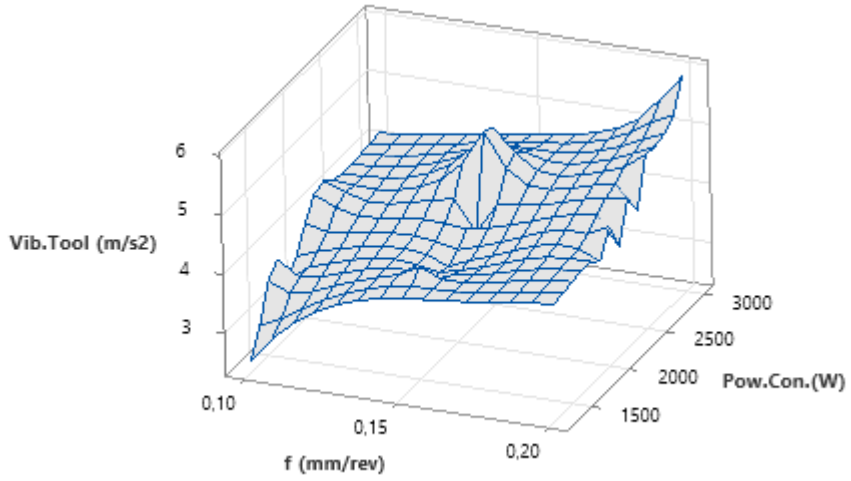


Figure 10. Relation between vibration value and power consumption and feed rate

Similar relationship between vibration and power consumption has been stated in other studies [3].

CONCLUSION

In this experimental study, the machinability of AISI 52100 steel under different hardness and different cooling conditions was investigated. In summary

1- Vibration value increased with increasing feed rate, depth of cut, workpiece hardness. Vibration value increases as chip amount and chip breakage strength increase. The most effective parameter on vibration value is feed rate.

2- Power consumption increases with increasing feed rate, depth of cut and hardness. Since cutting force increases with increasing parameters, instantaneous power consumption also increases. The most effective parameters on power consumption are feed rate and depth of cut.

3- There is a positive correlation between power consumption and vibration.

4- A mathematical model of power consumption and vibration value was created with high accuracy from the regression equations obtained.

5- Cooling conditions provided easier chip flow with cooling liquid. This has resulted in a slight reduction in power consumption and vibration values.

REFERENCES

1. Zemzemi F, Khochtali H, Salem W Ben, et al (2021) Analytical multi-physics model of microstructure changes in hard turning of AISI 52100 steel: prediction of thicknesses of white and dark layers. Int J Adv Manuf Technol 112:2755–2771. https://doi.org/10.1007/s00170-020-06521-1
2. Ambhore N, Kamble D, Agrawal D (2022) Experimental Investigation of Induced Tool Vibration in Turning of Hardened AISI52100 Steel. J Vib Eng Technol. https://doi.org/10.1007/s42417-022-00473-4
3. Şahinoğlu A (2022) Investigation of machinability properties of AISI H11 tool steel for sustainable manufacturing. Proc Inst Mech Eng Part E J Process Mech Eng 236:2717–2728. https://doi.org/10.1177/09544089221122004
4. Sivaiah P, Bodicherla U (2020) Effect of Surface Texture Tools and Minimum Quantity Lubrication (MQL) on tool Wear and Surface Roughness in CNC Turning of AISI 52100 Steel. J Inst Eng Ser C 101:85–95. https://doi.org/10.1007/s40032-019-00512-2
5. de Moraes DL, Garcia MV, Lopes JC, et al (2019) Performance of SAE 52100 steel grinding using MQL technique with pure and diluted oil. Int J Adv Manuf Technol 105:4211–4223. https://doi.org/10.1007/s00170-019-04582-5
6. Rajarajan S, Ramesh Kannan C, Dennison MS (2020) A comparative study on the machining characteristics on turning AISI 52100 alloy steel in dry and microlubrication condition. Aust J Mech Eng 20:360–371. https://doi.org/10.1080/14484846.2019.1710019
7. Sivaiah P, Guru Prasad M, Singh M M, Uma B (2020) Machinability evaluation during machining of AISI 52100 steel with textured tools under Minimum Quantity Lubrication–A comparative study. Mater Manuf Process 35:1761–1768. https://doi.org/10.1080/10426914.2020.1802034
8. Kim DM, Kim HI, Park HW (2021) Tool wear, economic costs, and CO2 emissions analysis in cryogenic assisted hard-turning process of AISI 52100 steel. Sustain Mater Technol 30:e00349. https://doi.org/10.1016/j.susmat.2021.e00349
9. Karaaslan F, Şahinoğlu A (2020) Determination of Ideal Cutting Conditions for Maximum Surface Quality and Minimum Power Consumption During Hard Turning of AISI 4140 Steel Using TOPSIS Method Based on Fuzzy Distance. Arab J Sci Eng 45:9145–9157. https://doi.org/10.1007/s13369-020-04635-y
10. Şahinoğlu A, Rafighi M, Kumar R (2022) An investigation on cutting sound effect on power consumption and surface roughness in CBN tool-assisted hard turning. Proc Inst Mech Eng Part E J Process Mech Eng 236:1096–1108. https://doi.org/10.1177/09544089211058021
11. Şahinoğlu A, Güllü A (2019) Investigation of the Relationship Between Current, Sound Intensity, Vibration and Surface Roughness in Machining of CuZn39Pb3 Material on Lathe Machine. J Polytech 0900:615–624. https://doi.org/10.2339/politeknik.426106

12. Şahinoğlu A, Rafighi M (2020) Optimization of cutting parameters with respect to roughness for machining of hardened AISI 1040 steel. Mater Test 62:85–95. https://doi.org/10.3139/120.111458

13. Şahinoglu A, Rafighi M (2021) Machinability of hardened AISI S1 cold work tool steel using cubic boron nitride. Sci Iran 28:2655–2670. https://doi.org/10.24200/sci.2021.55772.4398

14. Şahinoğlu A, Karabulut Ş, Güllü A (2017) Study on spindle vibration and surface finish in turning of al 7075

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

TERS PROBLEMLERİN PINN YÖNTEMİ İLE ÇÖZÜLMESİ: ÖRNEK BİR UYGULAMA

Dr. Öğr. Üyesi Murat BALCI
Sakarya Uygulamalı Bilimler Üniversitesi
muratbalci@subu.edu.tr - 0000-0002-3658-3223

Doç. Dr. Recep KILIÇ
Sakarya Uygulamalı Bilimler Üniversitesi
recepkilic@subu.edu.tr- 0000-0003-1580-1997

ÖZET

Ters problem yaklaşımı, bir sistemin gözlemlenebilir çıktılarından yola çıkarak bilinmeyen girdilerini tahmin etmeyi amaçlayan bir yöntemdir. Özellikle doğrudan ölçümün zor olduğu durumlarda sistem parametrelerini tahmin etmek için yaygın olarak kullanılır. Ancak, bu yaklaşımın çözümlerin tekilliği ve verilere duyarlılığı gibi dezavantajları bulunmaktadır. Bu çalışmada, fiziksel denklemleri yapay sinir ağlarına entegre eden Fizik Bilgili Yapay Sinir Ağları (PINN) yöntemi ile bu dezavantajların üstesinden gelinmesi amaçlanmıştır. PINN yönteminde, sinir ağları, hem verileri öğrenir hem de fiziksel yasaları sağlar. Bu sayede, daha az veri ile daha doğru ve güvenilir tahminler elde etmek mümkün hale gelir.

Bu çalışmada, tek serbestlik dereceli bir yay-kütle sistemi üzerinde PINN yönteminin uygulanabilirliği incelenmiştir. Sistemin titreşim verilerinden yola çıkarak, yay sabiti ve kütle parametreleri başarıyla tahmin edilmiştir. MATLAB ortamında gerçekleştirilen simülasyon sonuçları, PINN yönteminin önerilen problem için etkili bir çözüm olduğunu göstermiştir.

Anahtar Kelimeler : PINN, Ters problem, Parametre tahmini, Yay-kütle sistemi

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

1. GİRİŞ

Ters Problemler, mühendislikte ve birçok farklı alanda karşılaşılan önemli bir problem sınıfıdır. Bu tarz problemlerde, bir sistemin bilinen çıktılarından yola çıkarak bilinmeyen girdileri veya parametreleri tahmin etmek hedeflenir (Tikhonov ve Arsenin, 1977). Özellikle doğrudan ölçmenin zor veya imkansız olduğu durumlarda ters problem çözümleri büyük önem taşımaktadır. Jeofizikte yeraltı yapılarının özellikleri, tıbbi görüntülemede organların içyapısı ve malzemelerin fiziksel özellikleri gibi örnekler ters problem yaklaşımı ile incelenmektedir (Aster ve arkadaşları., 2018).

Klasik ters problem yaklaşımlarında matematiksel model kurulur ve parametreler optimizasyon teknikleri ile çözülmeye çalışılmaktadır. Ancak bu yöntemler, çözümlerin tekilliği, verilere duyarlılık ve yüksek hesaplama maliyeti gibi dezavantajlara sahiptir (Hadamard, 1902). Son yıllarda, derin öğrenme alanındaki gelişmeler ile birlikte yapay sinir ağları tabanlı yeni yöntemler, veriden öğrenme ve karmaşık ilişkileri modelleme yetenekleri sayesinde, ters problemlerin çözümünde de umut verici sonuçlar göstermiştir (Raissi ve arkadaşları, 2019). PINN'ler eğitilirken, sadece veri uyumunu değil aynı zamanda fiziksel yasaları da sağlanması hedeflenmektedir. Bu sayede daha az veri ile daha doğru ve güvenilir tahminler elde etmek mümkün hale gelmektedir (Raissi ve arkadaşları, 2017).

Bu çalışmada, tek serbestlik dereceli yay-kütle sistemi üzerinde, PINN yönteminin uygulanabilirliği incelenmiştir. Sistemin titreşim verilerinden yola çıkarak yay sabiti ve kütle parametreleri tahmin edilmiştir. Matlab ortamında gerçekleştirilen simülasyon sonuçları, PINN yönteminin önerilen problem için etkili bir çözüm olduğunu göstermiştir.

2. MATERYAL VE METOD

2.1. Yay Kütle Sistemi

Bu çalışmada, basit harmonik hareket sergileyen bir yay-kütle sistemi incelenmiştir. Bu sistem, yay sabiti "*k*" ve kütlesi "*m*" olan bir kütlenin zamana bağlı hareketini ifade etmektedir. Sistemin hareket denklemi şu şekilde tanımlanmıştır.

$$m.\ddot{x} + kx = 0 \tag{1}$$

Bu sisteme ait hareket denkleminin analitik çözümü şu şekilde tanımlanmıştır (M. Muzelak, 2024).

$$x(t) = C_1 \sin\left(\sqrt{\frac{k}{m}}t\right) + C_2 \cos\left(\sqrt{\frac{k}{m}}t\right) \tag{2}$$

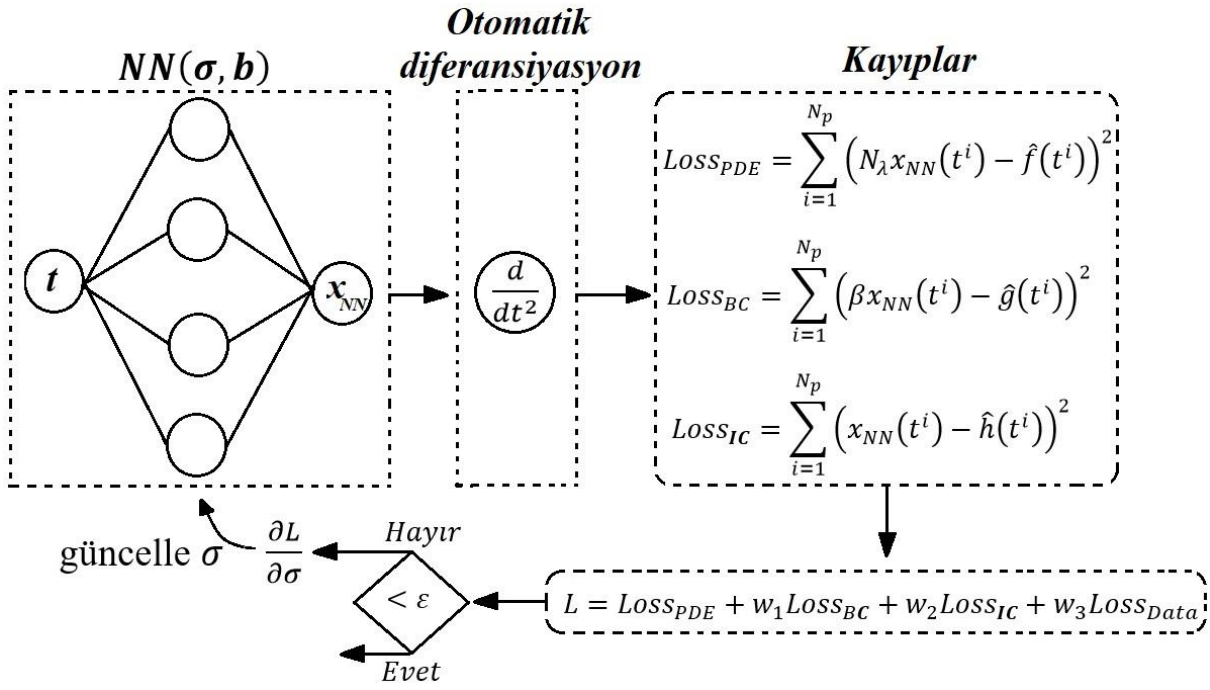
C_1 ve C_2 sabit katsayılar olup başlangıç şartlarından elde edilmektedir.

2.2. Veri Seti

Veri seti, sistemin hareket denkleminin analitik çözümünden elde edilen simülasyon sonuçları kullanılarak elde edilmiştir. Elde edilen veri seti $x(t)$ değerlerini tanımlamaktadır. Veri seti elde edilirken tahmin etmeye çalıştığımız sistem parametrelerinin gerçek değerleri $k = 10$ ve $m = 1$ olarak düşünülmüştür. Başlangıç değerleri $x(0) = -2$ ve $\dot{x} = 6$ olarak tanımlanmıştır.

2.2. PINN Sistemi

PINN yöntemi alt yapı olarak sinir ağı üstüne kurulmuş bir mimariye sahiptir. Eğitim aşamasında geleneksel sinir ağlarından farklı olarak sisteme ait bünye denklemleri, başlangıç ve sınır şartlarını da içermektedir. Ters probleme uyguladığımız zaman fiziksel sisteme ait denklemleri ve başlangıç ve sınır şartlarını da eğitime katması sebebiyle çözüm uzayı sınırları belirlenmiş olmaktadır. Genel olarak PINN sistemine ait diyagram Görsel 1.'de verilmiştir.



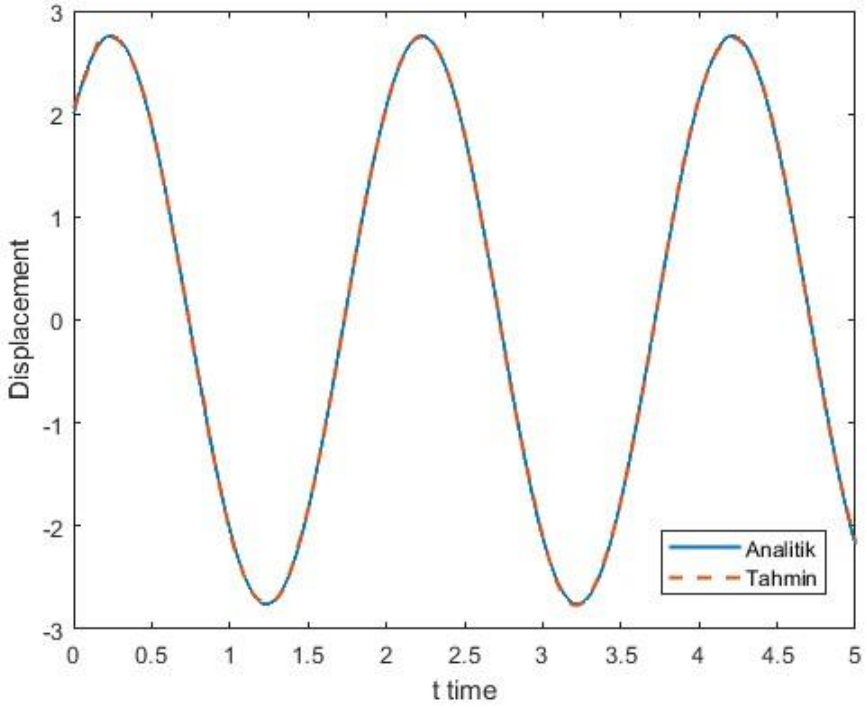
Görsel 1. Fizik Bilgili Sinir Ağının (PINN) şematik gösterimi

3. SONUÇLAR VE DEĞERLENDİRME

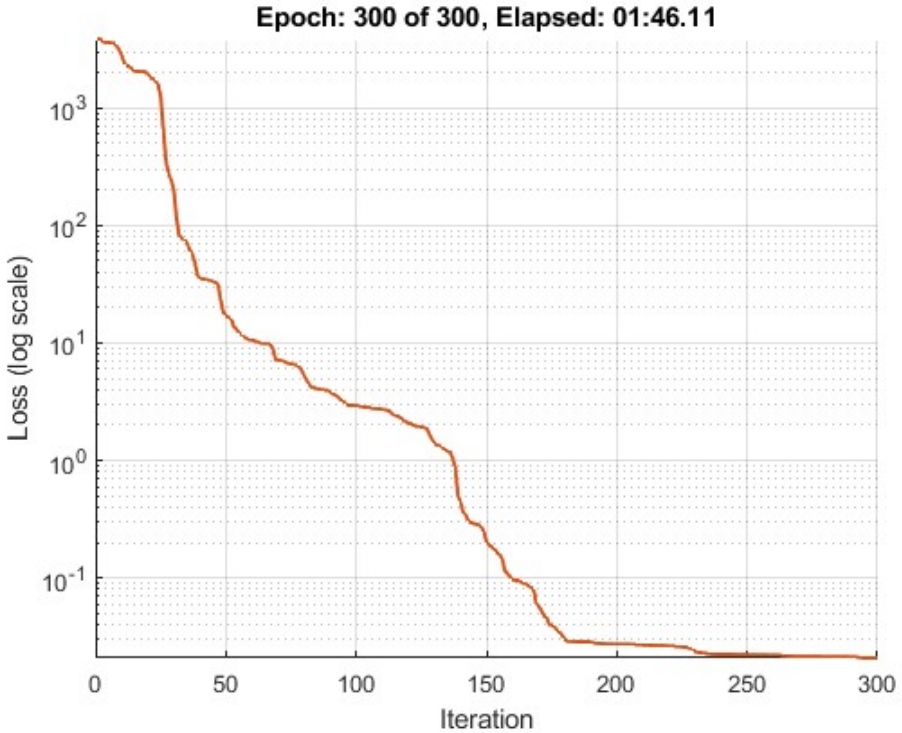
Problem MATLAB programı ortamında çözülmeye çalışılmıştır. Bu amaçla 4 gizli katmanlı ve her katmanda 80 nöron bulunan tek girdili ve tek çıkışlı bir ağ yapısı tercih edilmiştir. Giriş katmana zaman, kütle ve yay katsayısı bilgileri verilmiştir. Çıkış katmanından yer değiştirme değerleri alınmıştır. Çözüm için "LBFGS" algoritması tercih edilmiştir.

Görsel 2.'de ele aldığımız problemin çözümünden sonra tahmini yer değiştirme ve analitik çözümden elde edilen yer değiştirmelerin karşılaştırması verilmiştir. PINN yönteminin hesapladığı yer değişimi tahmin değerlerinin analitik çözümden elde edilen yer değişimi değerleriyle uyum için de olduğu gözlemlenmiştir. Yer değişimi değerleri PINN yöntemi tarafından hesaplanırken aynı zamanda "k" ve "m" parametrelerinin tahmini de yapılmıştır.

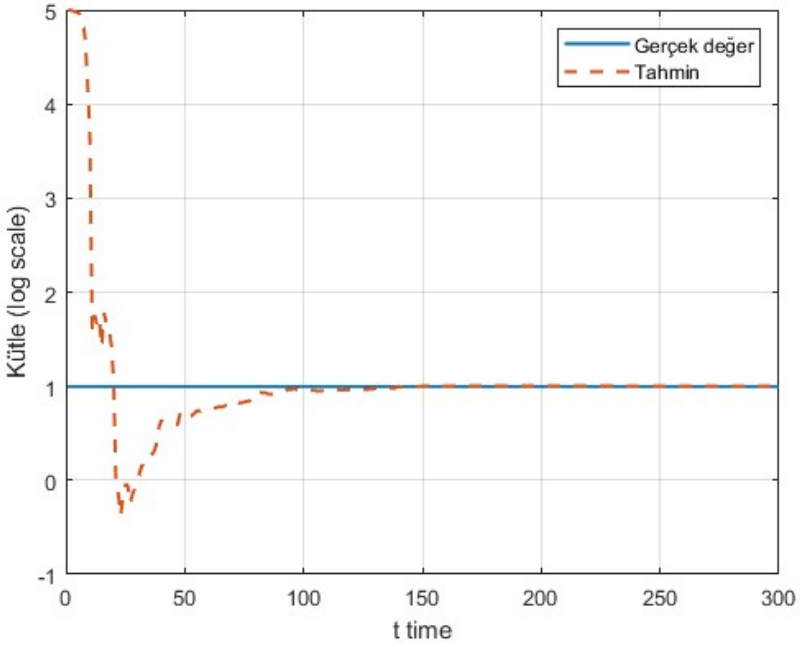
Görsel 4 ve görsel 5'te PINN yönteminin hesapladığı "k" ve "m" parametrelerinin iterasyona bağlı olarak değişim grafiğini görmekteyiz. Yaklaşık 150. iterasyonda tahmin değerlerinin gerçek değerlerle örtüştüğü gözlemlenmiştir. Görsel 3'te PINN yönteminin karar vermesi aşamasında kullandığı kayıp fonksiyonunun değişimini göstermektedir.



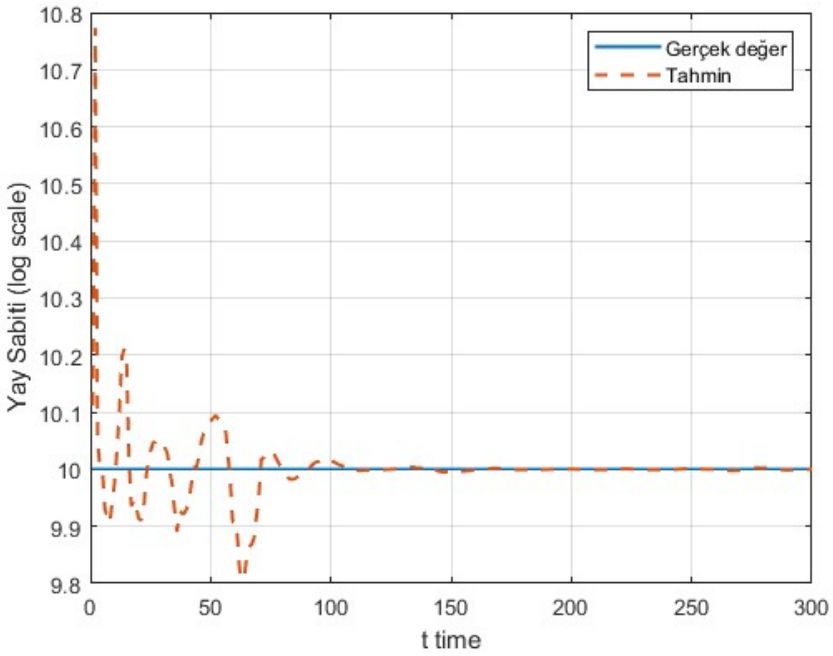
Görsel 2. Zamana bağlı PINN yönteminin hesapladığı yer değiştirme değişimi



Görsel 3. Kayıp fonksiyonu değişimi



Görsel 4. PINN yönteminin hesapladığı Kütle değerleri



Görsel 5. PINN yönteminin hesapladığı Yay sabiti değerleri

4. GENEL DEĞERLENDİRME VE SONUÇLAR

Yapılan bu çalışmada PINN yöntemi ile mühendislik problemlerinde karşılaştığımız ters problem tiplerine nasıl yaklaşıldığı gösterilmeye çalışılmıştır. Verilen örnek ile başlangıç ve sınır şartlarına bağlı olarak tahmin edilen parametrelerin gerçek değerlerle uyumlu olduğu gözlemlenmiştir. Verilere bir miktar beyaz gürültü eklendiğinde tahmin doğruluğunda bir

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

miktar düşüş gözlendiği görülmüştür. Bu çalışma, daha karmaşık ters problem tipleri için de uygulanabilir olduğunu göstermektedir.

KAYNAKÇA

1. Aster, R. C., Borchers, B., & Thurber, C. H., Parameter estimation and inverse problems. Academic press, 2018.
2. Hadamard, J., Sur les problèmes aux dérivées partielles et leur signification physique. Princeton university bulletin, 13(4), 49-52, 1902.
3. M. Muzelak, T. Skovranek and M. Ruzicka, Physics-Informed Neural Networks Application To Mass-Spring System Solution, 25th International Carpathian Control Conference (ICCC), Krynica Zdrój, Poland, pp. 01-04, 2024.
4. Raissi, M., Perdikaris, P., & Karniadakis, G. E., Physics informed deep learning (parti): Data-driven solutions of nonlinear partial differential equations, 2017.
5. Raissi, M., Perdikaris, P., & Karniadakis, G. E., Physics-informed neural networks:A deep learning framework for solving forward and inverse problems involving nonlinear partial differential equations. Journal of Computational Physics, 378, 686-707, 2019.
6. Tikhonov, A. N., & Arsenin, V. Y., Solutions of ill-posed problems. VH Winston, 1977.

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

TERS PROBLEMLERİN PINN YÖNTEMİ İLE ÇÖZÜLMESİ: ÖRNEK BİR UYGULAMA

Dr. Öğr. Üyesi Murat BALCI
Sakarya Uygulamalı Bilimler Üniversitesi
muratbalci@subu.edu.tr - 0000-0002-3658-3223

Doç. Dr. Recep KILIÇ
Sakarya Uygulamalı Bilimler Üniversitesi
recepkilic@subu.edu.tr- 0000-0003-1580-1997

ÖZET

Ters problem yaklaşımı, bir sistemin gözlemlenebilir çıktılarından yola çıkarak bilinmeyen girdilerini tahmin etmeyi amaçlayan bir yöntemdir. Özellikle doğrudan ölçümün zor olduğu durumlarda sistem parametrelerini tahmin etmek için yaygın olarak kullanılır. Ancak, bu yaklaşımın çözümlerin tekilliği ve verilere duyarlılığı gibi dezavantajları bulunmaktadır. Bu çalışmada, fiziksel denklemleri yapay sinir ağlarına entegre eden Fizik Bilgili Yapay Sinir Ağları (PINN) yöntemi ile bu dezavantajların üstesinden gelinmesi amaçlanmıştır. PINN yönteminde, sinir ağları, hem verileri öğrenir hem de fiziksel yasaları sağlar. Bu sayede, daha az veri ile daha doğru ve güvenilir tahminler elde etmek mümkün hale gelir.

Bu çalışmada, tek serbestlik dereceli bir yay-kütle sistemi üzerinde PINN yönteminin uygulanabilirliği incelenmiştir. Sistemin titreşim verilerinden yola çıkarak, yay sabiti ve kütle parametreleri başarıyla tahmin edilmiştir. MATLAB ortamında gerçekleştirilen simülasyon sonuçları, PINN yönteminin önerilen problem için etkili bir çözüm olduğunu göstermiştir.

Anahtar Kelimeler : PINN, Ters problem, Parametre tahmini, Yay-kütle sistemi

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

1. GİRİŞ

Ters Problemler, mühendislikte ve birçok farklı alanda karşılaşılan önemli bir problem sınıfıdır. Bu tarz problemlerde, bir sistemin bilinen çıktılarından yola çıkarak bilinmeyen girdileri veya parametreleri tahmin etmek hedeflenir (Tikhonov ve Arsenin, 1977). Özellikle doğrudan ölçmenin zor veya imkansız olduğu durumlarda ters problem çözümleri büyük önem taşımaktadır. Jeofizikte yeraltı yapılarının özellikleri, tıbbi görüntülemede organların içyapısı ve malzemelerin fiziksel özellikleri gibi örnekler ters problem yaklaşımı ile incelenmektedir (Aster ve arkadaşları., 2018).

Klasik ters problem yaklaşımlarında matematiksel model kurulur ve parametreler optimizasyon teknikleri ile çözülmeye çalışılmaktadır. Ancak bu yöntemler, çözümlerin tekilliği, verilere duyarlılık ve yüksek hesaplama maliyeti gibi dezavantajlara sahiptir (Hadamard, 1902). Son yıllarda, derin öğrenme alanındaki gelişmeler ile birlikte yapay sinir ağları tabanlı yeni yöntemler, veriden öğrenme ve karmaşık ilişkileri modelleme yetenekleri sayesinde, ters problemlerin çözümünde de umut verici sonuçlar göstermiştir (Raissi ve arkadaşları, 2019). PINN'ler eğitilirken, sadece veri uyumunu değil aynı zamanda fiziksel yasaları da sağlanması hedeflenmektedir. Bu sayede daha az veri ile daha doğru ve güvenilir tahminler elde etmek mümkün hale gelmektedir (Raissi ve arkadaşları, 2017).

Bu çalışmada, tek serbestlik dereceli yay-kütle sistemi üzerinde, PINN yönteminin uygulanabilirliği incelenmiştir. Sistemin titreşim verilerinden yola çıkarak yay sabiti ve kütle parametreleri tahmin edilmiştir. Matlab ortamında gerçekleştirilen simülasyon sonuçları, PINN yönteminin önerilen problem için etkili bir çözüm olduğunu göstermiştir.

2. MATERYAL VE METOD

2.1. Yay Kütle Sistemi

Bu çalışmada, basit harmonik hareket sergileyen bir yay-kütle sistemi incelenmiştir. Bu sistem, yay sabiti "*k*" ve kütlesi "*m*" olan bir kütlenin zamana bağlı hareketini ifade etmektedir. Sistemin hareket denklemi şu şekilde tanımlanmıştır.

$$m.\ddot{x} + kx = 0 \tag{1}$$

Bu sisteme ait hareket denkleminin analitik çözümü şu şekilde tanımlanmıştır (M. Muzelak, 2024).

$$x(t) = C_1 \sin\left(\sqrt{\frac{k}{m}}t\right) + C_2 \cos\left(\sqrt{\frac{k}{m}}t\right) \tag{2}$$

C_1 ve C_2 sabit katsayılar olup başlangıç şartlarından elde edilmektedir.

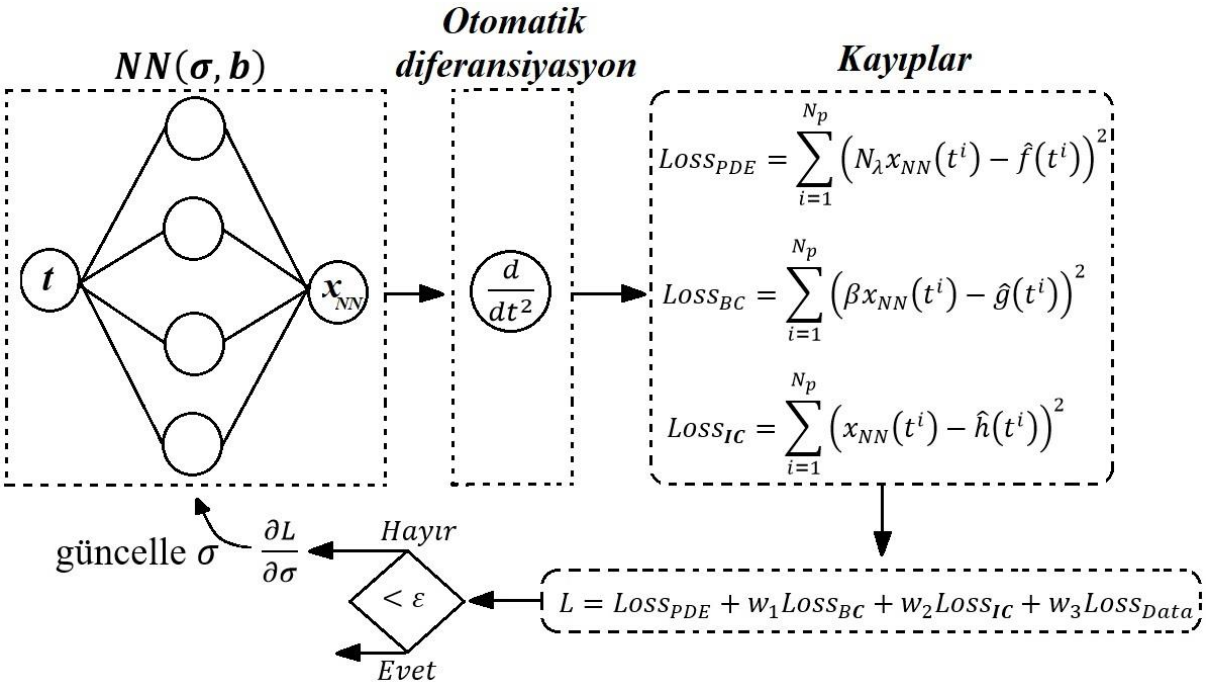
ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

2.2. Veri Seti

Veri seti, sistemin hareket denkleminin analitik çözümünden elde edilen simülasyon sonuçları kullanılarak elde edilmiştir. Elde edilen veri seti $x(t)$ değerlerini tanımlamaktadır. Veri seti elde edilirken tahmin etmeye çalıştığımız sistem parametrelerinin gerçek değerleri $k = 10$ ve $m = 1$ olarak düşünülmüştür. Başlangıç değerleri $x(0) = -2$ ve $\dot{x} = 6$ olarak tanımlanmıştır.

2.2. PINN Sistemi

PINN yöntemi alt yapı olarak sinir ağı üstüne kurulmuş bir mimariye sahiptir. Eğitim aşamasında geleneksel sinir ağlarından farklı olarak sisteme ait bünye denklemleri, başlangıç ve sınır şartlarını da içermektedir. Ters probleme uyguladığımız zaman fiziksel sisteme ait denklemleri ve başlangıç ve sınır şartlarını da eğitime katması sebebiyle çözüm uzayı sınırları belirlenmiş olmaktadır. Genel olarak PINN sistemine ait diyagram Görsel 1.'de verilmiştir.



Görsel 1. Fizik Bilgili Sinir Ağının (PINN) şematik gösterimi

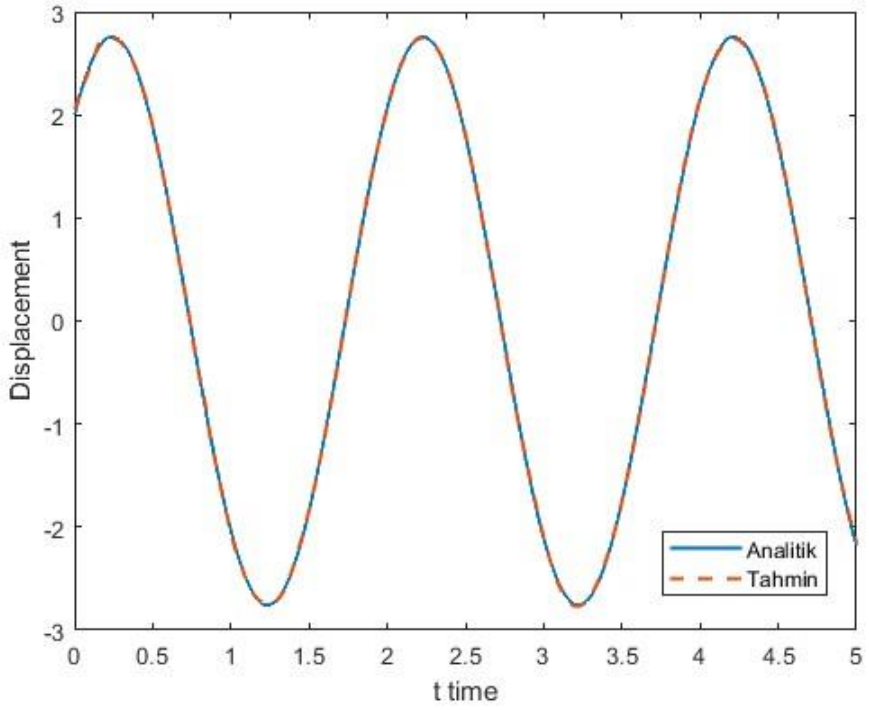
3. SONUÇLAR VE DEĞERLENDİRME

Problem MATLAB programı ortamında çözülmeye çalışılmıştır. Bu amaçla 4 gizli katmanlı ve her katmanda 80 nöron bulunan tek girdili ve tek çıkışlı bir ağ yapısı tercih edilmiştir. Giriş katmana zaman, kütle ve yay katsayısı bilgileri verilmiştir. Çıkış katmanından yer değiştirme değerleri alınmıştır. Çözüm için "LBFGS" algoritması tercih edilmiştir.

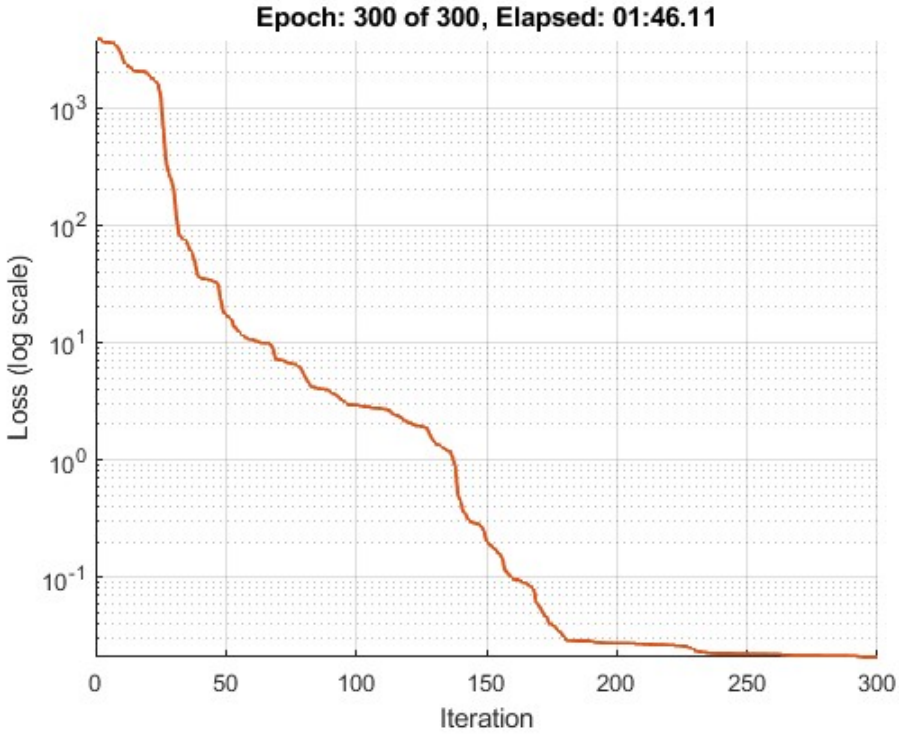
Görsel 2.'de ele aldığımız problemin çözümünden sonra tahmini yer değiştirme ve analitik çözümden elde edilen yer değiştirmelerin karşılaştırması verilmiştir. PINN yönteminin hesapladığı yer değişimi tahmin değerlerinin analitik çözümden elde edilen yer değişimi

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

değerleriyle uyum için de olduğu gözlemlenmiştir. Yer değişimi değerleri PINN yöntemi tarafından hesaplanırken aynı zamanda "k" ve "m" parametrelerinin tahmini de yapılmıştır. Görsel 4 ve görsel 5'te PINN yönteminin hesapladığı "k" ve "m" parametrelerinin iterasyona bağlı olarak değişim grafiğini görmekteyiz. Yaklaşık 150. iterasyonda tahmin değerlerinin gerçek değerlerle örtüştüğü gözlemlenmiştir. Görsel 3'te PINN yönteminin karar vermesi aşamasında kullandığı kayıp fonksiyonunun değişimini göstermektedir.

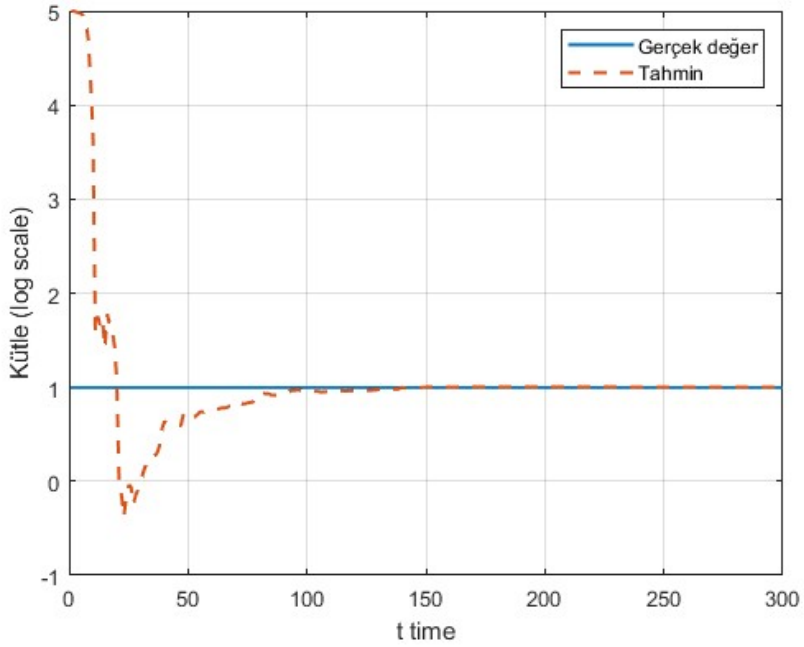


Görsel 2. Zamana bağlı PINN yönteminin hesapladığı yer değiştirme değişimi

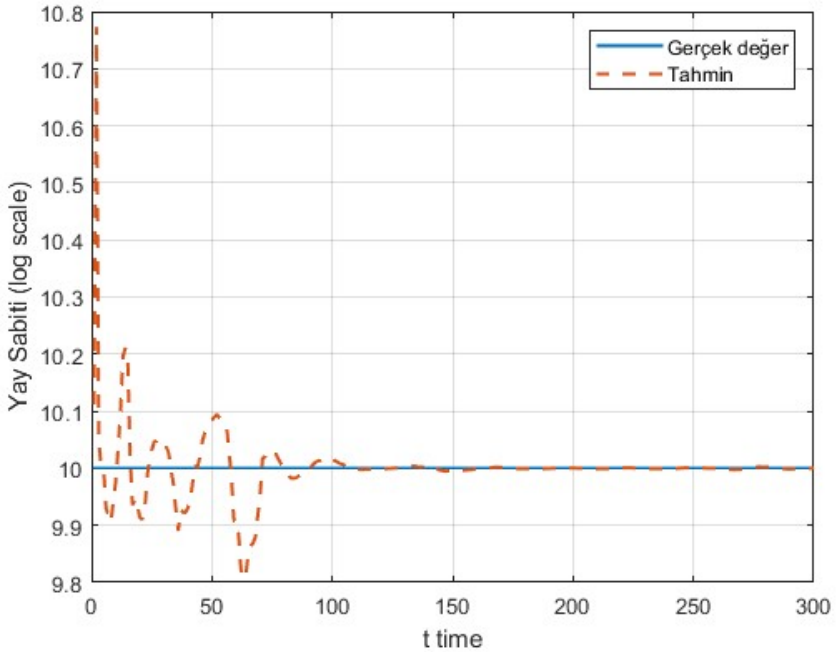


ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

Görsel 3. Kayıp fonksiyonu değişimi



Görsel 4. PINN yönteminin hesapladığı Kütle değerleri



Görsel 5. PINN yönteminin hesapladığı Yay sabiti değerleri

4. GENEL DEĞERLENDİRME VE SONUÇLAR

Yapılan bu çalışmada PINN yöntemi ile mühendislik problemlerinde karşılaştığımız ters problem tiplerine nasıl yaklaşıldığı gösterilmeye çalışılmıştır. Verilen örnek ile başlangıç ve sınır şartlarına bağlı olarak tahmin edilen parametrelerin gerçek değerlerle uyumlu olduğu gözlemlenmiştir. Verilere bir miktar beyaz gürültü eklendiğinde tahmin doğruluğunda bir

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

miktar düşüş gözlendiği görülmüştür. Bu çalışma, daha karmaşık ters problem tipleri için de uygulanabilir olduğunu göstermektedir.

KAYNAKÇA

1. Aster, R. C., Borchers, B., & Thurber, C. H., Parameter estimation and inverse problems. Academic press, 2018.
2. Hadamard, J., Sur les problèmes aux dérivées partielles et leur signification physique. Princeton university bulletin, 13(4), 49-52, 1902.
3. M. Muzelak, T. Skovranek and M. Ruzicka, Physics-Informed Neural Networks Application To Mass-Spring System Solution, 25th International Carpathian Control Conference (ICCC), Krynica Zdrój, Poland, pp. 01-04, 2024.
4. Raissi, M., Perdikaris, P., & Karniadakis, G. E., Physics informed deep learning (parti): Data-driven solutions of nonlinear partial differential equations, 2017.
5. Raissi, M., Perdikaris, P., & Karniadakis, G. E., Physics-informed neural networks:A deep learning framework for solving forward and inverse problems involving nonlinear partial differential equations. Journal of Computational Physics, 378, 686-707, 2019.
6. Tikhonov, A. N., & Arsenin, V. Y., Solutions of ill-posed problems. VH Winston, 1977.

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

PINN YAKLAŞIMI İLE MÜHENDİSLİK PROBLEMLERİNİN ÇÖZÜMÜ: BİR ÖRNEK UYGULAMA

Dr. Öğr. Üyesi Murat BALCI
Sakarya Uygulamalı Bilimler Üniversitesi
muratbalci@subu.edu.tr - 0000-0002-3658-3223

Prof. Dr. Ömer Gündoğdu
Atatürk Üniversitesi
ogundogdu@atauni.edu.tr- 0000-0003-2656-4181

ÖZET

Mühendislik problemlerinde elde edilen diferansiyel denklemlerin bir kısmı analitik ve sayısal yöntemler ile çözülebilirken, bazıları için çözüm yöntemleri mevcut değildir. Çözümü mümkün olmayan bu tür problemlerin çözülmesi amacıyla fiziksel yasalarla entegre edilmiş yapay sinir ağları kullanılarak yeni bir alternatif çözüm yöntemi geliştirilmiştir. Bu yönteme "Fizik Bilgili Yapay Sinir Ağları" (Physics-Informed Neural Networks, PINN) adı verilmiştir.

Bu çalışmada, PINN yöntemine dair mevcut literatür incelenmiş ve yöntem hakkında teorik bilgiler sunulmuştur. Ardından, tek serbestlik dereceli yay-kütle sistemine ait adi diferansiyel denklem, başlangıç ve sınır koşulları altında PINN yöntemi ile çözülmüştür. Problemin çözümü MATLAB ortamında kodlanmış ve analitik çözümlerle karşılaştırılmıştır. Sonuçlar, PINN yöntemi ile elde edilen çözümün analitik çözümlerle yüksek doğrulukla uyum sağladığını göstermektedir.

Anahtar Kelimeler : PINN, Derin Sinir ağları, MATLAB, Yay-Kütle-sistemi

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

1. GİRİŞ

Mühendislik problemleri genellikle karmaşık diferansiyel denklemler ile ifade edilirler. Bu denklemler sistemin davranışı anlamak için önemli bilgiler de sunmaktadır (Rao, 1995). Bu denklemleri analitik ve sayısal yöntemler ile çözebiliyorken bazı durumlarda bu yöntemler yetersiz kalabilmektedir (Smith ve ark., 2020; Zhang ve ark., 2021).

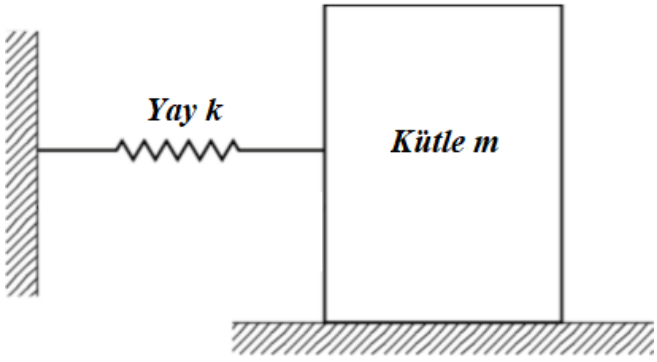
Son yıllarda, yapay zeka tabanlı yöntemlerin diferansiyel denklem çözümündeki potansiyeli önemli araştırmacılar açısından ilgi çekici bir konu olmuştur (Karniadakis ve ark., 2021). Fiziksel yasalarla birleştirilmiş yapay sinir ağları olan "Fizik Bilgili Yapay Sinir Ağları, (PINN)" mühendislik problemlerinin çözümünde büyük bir potansiyel sunmaktadır. Raissi ve arkadaşları (2019) yaptıkları çalışmada bu yöntemi ayrıntıları ile ele almışlardır. PINN yönteminde fiziksel prensiplerin yapay sinir ağlarının eğitim süreçlerine doğrudan nasıl dahil edildiğini ve eğitim sürecinde fiziksel bilgilerin nasıl kullanılması gerektiğini çalışmalarında açıklamışlardır. PINN yöntemi diferansiyel denklemlerin az sayıda veri ile çözülebilmesine olanak sağlamış ve fiziksel sistemi doğru bir şekilde modelleyebilmektedir (Raissi ve ark., 2019; Sun ve ark., 2020).

Bu çalışmada, PINN yönteminin teorik temeli verilecektir. Örnek bir uygulama olarak yay-kütle sistemine ait diferansiyel denklem verilen başlangıç ve sınır şartları altında PINN ile çözülecektir. Analitik çözüm ile karşılaştırılarak PINN yönteminin potansiyeli ortaya koyulmaya çalışılacaktır.

2. MATERYAL VE METOD

2.1. Yay-Kütle sistemi

Yay kütle sistemi yay ve kütleden oluşmakta olup Görsel 1'de verilmiştir (M. Muzelak,. 2024).



Görsel 1. Yay Kütle Sistemi

Newtonun ikinci hareket kanunundan (D. H. Krantz, 1973);

$$F_{net} = \sum_i F_i = m.a = m.\ddot{x} \quad (1)$$

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

Burada F_{net}, sistem üzerine etki eden tüm kuvvetlerin toplamını ifade etmektedir. Hook kanunundan yay üstünde oluşan kuvvet;

$$F_{yay} = k.x \tag{2}$$

şeklinde ifade edilir. Hook kanundan elde edilen 2 nolu denklem 1 nolu denklem de yerine yazılırsa sistemin hareket denklemi;

$$m.\ddot{x} + kx = 0 \tag{3}$$

şeklinde olur. Bu denklem ikinci mertebeden, sabit katsayılı, homojen adi diferansiyel denklemdir. Bu denklem, sönümsüz serbest titreşim hareketi yapan yay kütle sisteminin hareketini tanımlamaktadır. 3 nolu denklemin analitik çözümü mevcuttur. Analitik çözüm (M. Muzelak, 2024);

$$x(t) = C_1 \sin\left(\sqrt{\frac{k}{m}}t\right) + C_2 \cos\left(\sqrt{\frac{k}{m}}t\right) \tag{4}$$

şeklindedir. C_1 ve C_2 sabit katsayılar olup başlangıç şartları ile elde edilmektedir.

2.2. PINN Mimarisi

Genel olarak yapay sinir ağları eğitilirken giriş ve çıkış verileri ile eğitilmektedirler. Giriş katmanına verilen giriş verisi ile yapay sinir ağı çıkış katmanından bir çıkış verisi sunar. Bu çıkış verisi bir kayıp fonksiyonu yardımıyla eğitim çıktı verisi ile karşılaştırılır. Kayıp fonksiyonu değerini minimuma yaklaştırmak amacıyla sinir ağı ağırlıkları, seçilen optimizasyon yöntemi ile her iteratif adımda güncellenmektedir. PINN yönteminin fiziksel sistemlerle uyumlu çıktılar üretmesi amacıyla, kayıp fonksiyonuna sisteminin sınırlarını çizmek amacıyla, başlangıç ve sınır şartları, sistemin diferansiyel denklemleri ve varsa deneysel veriler eklenmektedir.

$$Loss_{PDE} = \sum_{i=1}^{N_p} \left(N_\lambda x_{NN}(t^i) - \hat{f}(t^i)\right)^2 \tag{5}$$

$$Loss_{BC} = \sum_{i=1}^{N_p} \left(\beta x_{NN}(t^i) - \hat{g}(t^i)\right)^2 \tag{6}$$

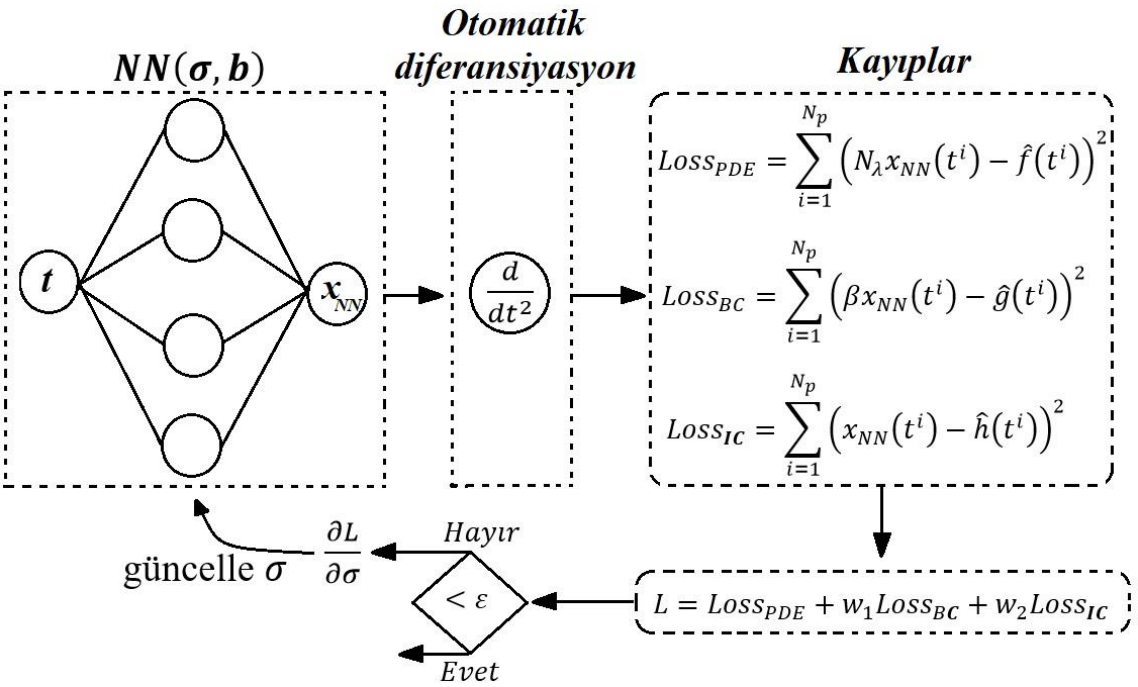
$$Loss_{\boldsymbol{IC}} = \sum_{i=1}^{N_p} \left(x_{NN}(t_0) - \hat{\boldsymbol{h}}(t_0)\right)^2 \tag{7}$$

$$L = Loss_{PDE} + w_1 Loss_{BC} + w_2 Loss_{\boldsymbol{IC}} \tag{8}$$

Burada N_λ, λ parametresiyle birlikte lineer veya lineer olmayan diferansiyel operatörü tanımlamaktadır. β sınır operatörüdür (Xi'an Li ve arkadaşları,2023). $\hat{f}(t)$ ifadesi 3 nolu denklemimizin sağ tarafındaki parametreleri tanımlamaktadır. Denklemimizin sağ tarafını boş bıraktığımız için çalışmamızda $\hat{f}(t) = 0$ şeklinde tanımlanacaktır. w_1, w_2 ve w_3 kayıp

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

fonksiyonu ağırlık katsayılarıdır. Önem verdiğimiz parametrelerin ağırlıklarını artırabiliriz. Çözümde ağırlığı artan kayıp fonksiyonu daha baskın hale gelecektir.

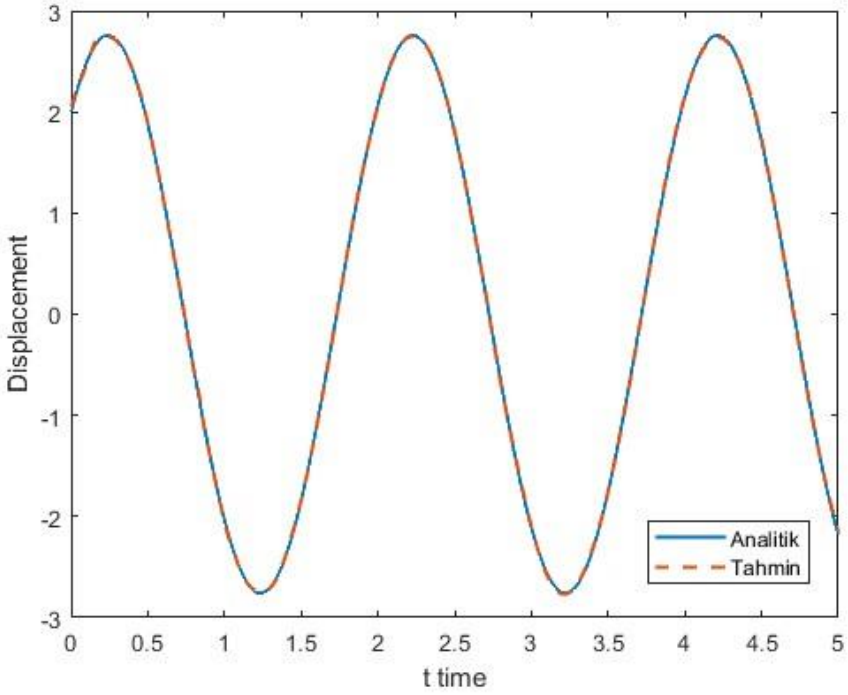


Görsel 1. Fizik Bilgili Sinir Ağının (PINN) şematik gösterimi

3. SONUÇLAR VE DEĞERLENDİRME

Problemin çözümü amacıyla MATLAB programı kullanılmıştır. Sinir ağı "DEEP NETWORK DESIGNER" araç kutusu kullanılarak modellenmiş optimize edici olarak "L-BFGS" algoritması tercih edilmiştir. Sinir ağı 4 adet gizli katmana sahiptir ve her katman için 80 nöron tanımlanmıştır. Giriş sadece zaman girdisine sahip olup çıkış katmanı da tek nöronlu olup kütlenin yer değişimini vermektedir. 800 iterasyon yapılmış ve toplam 6 dakika sürmüştür
Fiziksel sistemimizde kütle değeri $m = 1$, yay sabiti $k = 10$, başlangıç ve sınır şartı olarak $x(0) = 2$ ve $\dot{x} = 6$ olarak seçilmiştir.

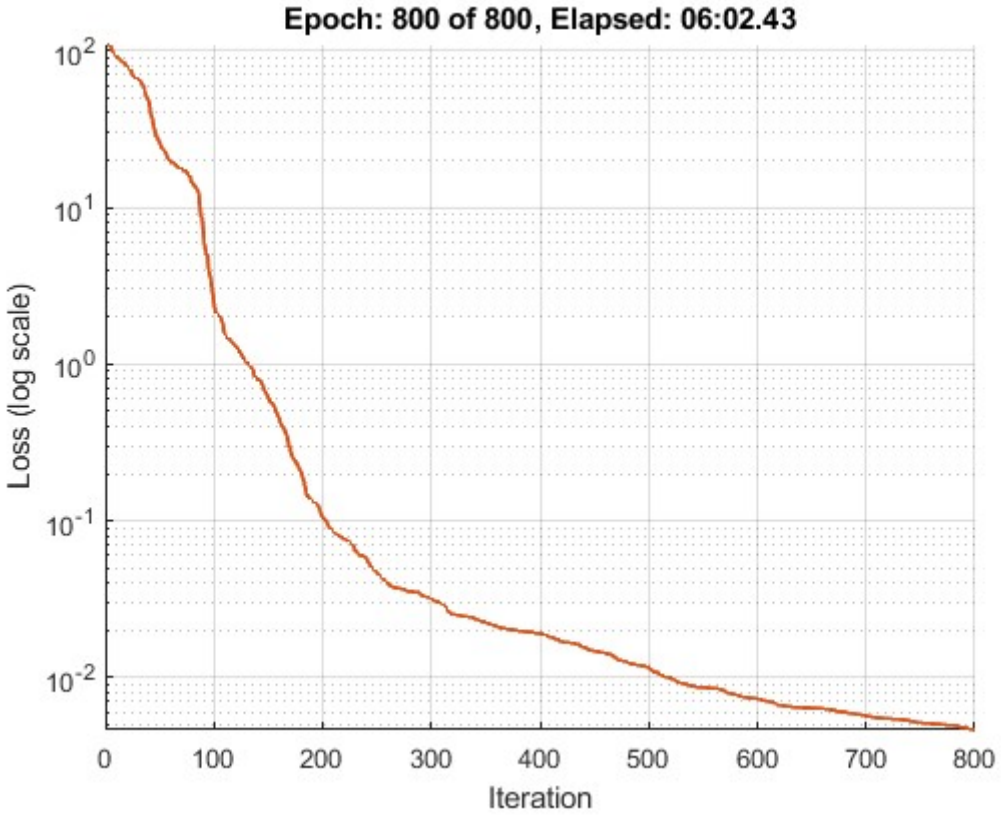
ISBN NR. : 978-625-5962-10-2



Görsel 2. PINN tahmini ve analitik çözüm

Görsel 2'de PINN tarafından elde edilen tahmin ve analitik çözümün karşılaştırmasını vermiştir. Elde edilen tahmin ve analitik çözüm verilerinin birbiri ile iyi örtüştüğü görülmektedir. Görsel 3'te eğitim sırasında, iterasyon adımına bağlı olarak, kayıp fonksiyonundan elde edilen değerin değişim grafiğini vermektedir.

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



Görsel 3. Kayıp fonksiyonu değişimi

4. GENEL DEĞERLENDİRME VE SONUÇLAR

Yaptığımız bu çalışmada PINN yöntemi tanıtılmış ve bir örnek detaylı üstünde açıklamıştır. Örnek çalışmadan elde edilen sonuçlar incelendiğinde PINN yönteminin fiziksel bir probleme ait diferansiyel denklemleri verilen başlangıç ve sınır şartlarına bağlı olarak çözebildiğini ve sonuçların çok iyi olduğunu gözlemledik. Bu çalışma daha kapsamlı ve karmaşık sistemlere ait diferansiyel denklem ve diferansiyel denklem takımlarına uygulanabilirliğini göstermiştir.

.

KAYNAKÇA

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

1. D. H. Krantz, Fundamental Measurement of Force and Newton's First and Second Laws of Motion, Philosophy of Science, vol. 40, no. 4, pp. 481-495, 1973.
2. Li, x., Deng, J., Wu, J., Zhang, S., Li, W., & Wang, Y. G., Physical informed neural networks with soft and hard boundary constraints for solving advection-diffusion equations using Fourier expansions. Computers & Mathematics with Applications, 159, 60-75, 2024.
3. Karniadakis, G. E., Kevrekidis, I. G., Lu, L., Perdikaris, P., Wang, S., & Yang, L., Physics-informed machine learning. Nature Reviews Physics, 3(6), 422-440, 2021.
4. M. Muzelak, T. Skovranek and M. Ruzicka, Physics-Informed Neural Networks Application To Mass-Spring System Solution, 25th International Carpathian Control Conference (ICCC), Krynica Zdrój, Poland, pp. 01-04, 2024.
5. Raissi, M., Perdikaris, P., & Karniadakis, G. E., Physics-informed neural networks: A deep learning framework for solving forward and inverse problems involving PDEs. *Journal of Computational Physics*, *378*, 686-707, 2019.
6. Rao, S. S., Numerical methods for engineers**.** Wiley, 1995.
7. Smith, J., Brown, T., & Miller, A., Numerical methods for differential equations: An overview. *Computational Mechanics*, *45*(3), 123-145, 2020.
8. Sun, W., Wang, Z., & Karniadakis, G. E., Physics-informed machine learning for heat transfer problems. *International Journal of Heat and Mass Transfer*, *159*, 120106, 2021.
9. Zhang, L., Li, Y., & Wang, H., Advances in solving differential equations using artificial intelligence techniques. *Applied Mathematical Modelling*, *89*, 456-472, 2021.

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

TARİHİ YAPILARIN SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK İLKESİ KAPSAMINDA YENİDEN İŞLEVLENDİRİLMESİ

Dr. Öğr. Üyesi, SERDAR KASAP [1], Doç. Dr. PARİSA GÜNEŞ [2],

Yüksek Mimar, GİZEM SERİ YEŞİL[3]

[1] Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi, serdar.kasap@bilecik.edu.tr 0000-0002-7847-3284

[2] Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi, parisa.goker@bilecik.edu.tr 0000-0001-8876-2621

[3] gizem.serii@gmail.com 0000-0002-4226-7024

ÖZET

Tarihi yapılar, bir toplumun kültürel mirasını, tarihsel geçmişini ve ekonomik gücünü yansıtan önemli unsurlar olup, toplumsal vizyonu da gözler önüne serer. Bu yapıların sürdürülebilirliği, yalnızca fiziksel olarak korunmalarıyla değil, aynı zamanda aktif bir şekilde kullanılmaya devam edilmeleriyle sağlanabilir. Toplumların zaman içinde değişen ihtiyaçları, yaşam biçimleri ve ekonomik koşulları, geçmişte belirli bir amaca hizmet eden yapıların yeni işlevlerle dönüştürülmesini gerekli kılar. Sürdürülebilirlik, bu bağlamda, kültürel mirasın korunması ve yeniden işlevlendirilmesi açısından kritik bir öneme sahiptir.

Literatürde, mevcut yapıların korunarak yeniden kullanıma kazandırılmasının, yıkım ve yeniden inşa süreçlerine kıyasla enerji ve kaynak tüketimini önemli ölçüde azalttığı, bununla birlikte çevresel sürdürülebilirliğe de katkıda bulunduğu vurgulanmaktadır. Bu çalışma, tarihi yapıların yeniden işlevlendirilmesinin sürdürülebilirliğe olan katkılarını incelemekte ve bu süreçte izlenebilecek yöntemlere dair akademik bir perspektif sunmaktadır. Literatür taramaları, yerinde gözlemler ve restorasyon uygulamaları üzerinden yapılan değerlendirmeler, tarihi yapıların daha verimli ve fonksiyonel bir şekilde nasıl kullanılabileceğine dair öneriler geliştirilmesine olanak tanımaktadır.

Anahtar Kelimeler: Tarihi yapılar, sürdürülebilirlik, yeniden işlevlendirme, kültürel miras, restorasyon

1. GİRİŞ

Tarihi yapılar, bulundukları dönemin kentsel ve mimari üslubunu, yapı teknolojilerini ve toplumların sosyo-ekonomik ve kültürel yapısını yansıtan, geleceğe aktarılması gereken önemli belge ve miras niteliğindedir. Bu yapıların sahip oldukları tarihsel, mimari ve kültürel değerler, koruma çalışmalarını gerektiren temel unsurlar olarak öne çıkmaktadır. 19. yüzyıldan itibaren sistematik bir uzmanlık alanı haline gelen koruma kavramı, kültürel varlıkların tüm boyutlarıyla korunarak gelecek kuşaklara aktarılmasını hedeflemektedir. Koruma, yalnızca fiziksel bütünlüğün devam ettirilmesini değil, aynı zamanda yapıların işlevsel, estetik ve tarihsel değerlerinin sürdürülebilir bir şekilde yaşatılmasını da kapsamaktadır.

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

Koruma olgusu, her dönemin toplumsal, ekonomik ve teknolojik koşulları doğrultusunda şekillenmekte ve yöntemsel farklılıklar göstermektedir. Tarihi kentler ve yapılar, bir toplumun geçmişine dair bilgi birikimini, sanatsal anlayışını ve teknik becerilerini yansıtan somut kanıtlardır. Bu nedenle, bu yapılar üzerinde gerçekleştirilecek koruma ve onarım çalışmalarının belirli ilke ve standartlara uygun olarak yürütülmesi gereklidir. Koruma anlayışı, yalnızca geçmişin izlerini korumakla sınırlı kalmayıp, bu yapıların işlevselliğini sürdürebilmelerini ve toplumsal bellekte yerlerini koruyabilmelerini hedeflemektedir. İtalyan koruma uzmanı Piero Gazzola, "Bir yapı, artık özgün amacına hizmet etmiyorsa dahi korunması yalnızca pratik bir gereklilik değil, aynı zamanda kültürel bir sorumluluktur. Bu sorumluluk, gelecek nesillerin kültürel olgunluk düzeyiyle doğrudan ilişkilidir" ifadeleriyle, koruma çalışmalarının toplumsal ve kültürel boyutuna dikkat çekmektedir [1].

19. yüzyıldan itibaren bir uzmanlık alanı olarak gelişen koruma uygulamaları, günümüzde disiplinler arası bir yaklaşım gerektiren ve küresel bağlamda değerlendirilen bir alan haline gelmiştir. Çağdaş koruma kuramları, yasal düzenlemeler, endüstri ve modern mirasın tanımlanması, peyzaj düzenlemeleri, ileri teknolojiyle gerçekleştirilen belgeleme çalışmaları ve sürdürülebilirlik ilkesi, bu alanın güncel konularını oluşturmaktadır. Özellikle artan enerji tüketimi, sınırlı doğal kaynaklar ve çevresel etkiler, sürdürülebilirlik ilkesini kaçınılmaz kılmıştır. Bu bağlamda, tarihi yapıların korunmasında sürdürülebilirlik kavramı, yalnızca çevresel bir gereklilik değil, aynı zamanda ekonomik ve kültürel bir sorumluluk olarak ele alınmaktadır. Mevcut yapıların korunarak yeniden işlevlendirilmesi, yıkılarak yeniden inşa edilmelerine kıyasla enerji ve kaynak kullanımını büyük ölçüde azaltmakta, atık üretimini en aza indirmekte ve çevresel etkileri minimize etmektedir.

2. TARİHİ YAPILARIN KORUNMASI VE YENİDEN İŞLEVLENDİRİLMESİ

2.1. Tarihi Yapı Kavramı

Tarihi yapı, bir yerleşim alanının veya bölgenin tarihsel, kültürel ve estetik değerlerini yansıtan önemli yapılardır. Bu yapılar, genellikle geçmişin izlerini taşıyan ve bir toplumun kültürel kimliğini oluşturan unsurlar olarak kabul edilir. Bir ülkenin veya bölgenin geçmişini anlamak ve bu geçmişi gelecek nesillere aktarmak adına büyük öneme sahiptir. Genellikle eski dönemlere ait olan bu yapılar, zaman içinde çeşitli restorasyonlar ve yenileme süreçlerinden geçirilerek günümüze ulaşmıştır ve her biri bulunduğu toplumun tarihi ve kültürel bağlamını yansıtmaktadır.

Tarihi binalar, mimari anlamda öneme sahip ve çoğunlukla kültürel miras kapsamında değerlendirilen yapılardır. Bu tür yapılar, yıkılmalarını veya önemli ölçüde değiştirilmesini engelleyen yasal düzenlemelerle korunmaktadır.

Tarihi yapıların korunması ve anlaşılması, geçmişin sadece bir dizi olaydan ibaret olmadığını, aksine, günümüz dünyasını şekillendiren karmaşık bir süreç olduğunu kabul eder. Foner, tarihsel yapıyı, geçmişin sadece bir dizi olay olarak değil, mevcut durumu etkileyen ve şekillendiren karmaşık bir süreç olarak tanımlar [2]. Bu, tarihin yalnızca doğrusal bir şekilde ilerleyen olaylar zinciri değil, birbiriyle etkileşim içinde olan ve birbirini şekillendiren sosyal, kültürel, ekonomik ve politik faktörlerin bir ağı olduğunu ifade eder. Ayrıca, tarihsel süreçlerin

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

yalnızca olaylar ve rakamlarla değil, bu olayları yorumlayan kişiler tarafından şekillendirilen bir anlatı olarak anlaşılması gerektiği vurgulanır [3].

2.2. Tarihi Yapılarda Koruma Kavramı, Nedenleri ve Yöntemleri

Koruma kavramı, tarihsel, sanatsal ve kültürel mirasın sürekliliğini sağlamayı amaçlayan bir yaklaşım olarak farklı şekillerde tanımlanmıştır. Doğan Hasol, bu kavramı, tarih ve sanat değeri taşıyan yapıların ya da kentsel alanların varlığını sürdürebilmesi için alınması gereken tedbirler bütünü olarak açıklamaktadır [4]. Yaldız ise korumayı, sürdürülebilirliğin sağlanması amacıyla kültürel mirasın korunarak geleceğe aktarılması şeklinde ele almaktadır [5]. Ona göre, koruma faaliyetleri, toplumların geçmişteki sosyal ve ekonomik yapılarının yanı sıra kültürel değerlerini yansıtan unsurların değişim süreçlerinde yok olmalarının önüne geçmeye odaklanmaktadır.

Tarihi yapıların korunması, kültürel mirasın devamlılığını sağlamanın yanı sıra mimari ve tarihsel değerlerin geleceğe taşınmasını hedefleyen çok yönlü bir süreçtir. Tarihi yapıların korunmasının temel motivasyonlarından biri, bu yapıların bir bölgenin veya dönemin tarihine, kültürüne ve toplumsal yapısına dair bilgi sunma kapasitesidir. Aynı zamanda bu yapılar, bir topluluğun kimliği ve sürekliliği için güçlü semboller olarak görülmektedir. Bunun yanında, tarihi yapıların korunması, belirli mimari tarzların ya da dönemlerin temsilcisi olan yapıların estetik ve tarihsel önemlerini koruma amacını taşır. Bu süreç, yapının özgün malzemelerinin, tasarım özelliklerinin ve estetik bütünlüğünün korunmasını, ayrıca yapılan değişikliklerin orijinal tasarımla uyumlu bir şekilde gerçekleştirilmesini içerir.

Tarihi yapıların korunması, bir toplumun inşa edilmiş çevresinin, kültürel kimliğinin ve tarihi anlatısının korunmasını sağlayan hayati bir faaliyettir. Bu koruma çalışmaları, geçmişin değerlerini geleceğe taşırken aynı zamanda toplulukların kimliklerini güçlendiren bir miras yaratır.

Mimari mirasın korunması, ülkelerin kültürel ve politik bağlamlarına bağlı olarak farklı yaklaşımlar sergileyebilse de tarihi yapıların yaşam döngüsünün uzatılmasına yönelik belirli temel kavramlar evrensel bir öneme sahiptir. Bu kavramlar arasında bakım, onarım, bütünleme, restorasyon, yeniden inşa, yer değiştirme, yenileme, yeniden kullanım, adaptif yeniden işlevlendirme ve rehabilitasyon bulunmaktadır [6]. Söz konusu uygulamalar, tarihi yapıların fiziksel dayanıklılığını ve kültürel işlevselliğini koruyarak, gelecek kuşaklara aktarılmasını amaçlayan disiplinler arası bir sürecin temel bileşenleridir.

Restorasyon: Restorasyon, bir yapının orijinal durumuna en yakın haliyle yeniden kazandırılmasını amaçlayan bir uygulamadır. Bu süreç, yapıya sonradan eklenen unsurların veya yapılan değişikliklerin kaldırılmasını, geleneksel yapı tekniklerinin araştırılmasını ve eksik öğelerin orijinal malzemelere uygun şekilde yeniden üretilmesini içerebilir. Restorasyonun temel hedefi, yapının orijinal görünümünü ve işlevini mümkün olduğunca aslına sadık bir biçimde geri kazandırmaktır.

Yenileme (Renovation): Yenileme teknikleri, özgün malzemenin korunmasının mümkün olmadığı durumlarda, yapının tarihsel ve mimari özgünlüğünü korumaya yönelik bir yöntemdir.

Bu kapsamda, müdahalelerin minimum düzeyde tutulması ve yenilenen elemanların, özgün malzeme ile estetik ve yapısal uyum içinde olması temel bir gerekliliktir. Bu yaklaşım, yapının ömrünü uzatırken özgünlüğün ve bütünlüğün sürdürülebilirliğini hedefler [6].

2.3. Tarihi Yapılarda Yeniden İşlevlendirme Kavramı, Nedenleri ve Yöntemleri

Tarihi yapıların işlevsel dönüşümü ve yeniden kullanımı, zamanla işlevselliğini yitiren yapıların yıkılarak yeni yapıların inşa edilmesi yerine, bu yapıların özgün niteliklerini koruyarak çağdaş gereksinimlere uygun yeni işlevlerle bütünleştirilmesini ve sürdürülebilir bir şekilde muhafaza edilmesini amaçlayan bir yaklaşımdır.

Yeniden işlevlendirme, bir yapının mimari, estetik, kültürel ve sosyal değerlerini koruyarak, mevcut kullanıcı gereksinimlerine uygun çağdaş bir koruma yaklaşımını ifade etmektedir. Bu süreç, işlevini yitirmiş yapılara, mekânsal ve yapısal özellikleri doğrultusunda yeni kullanım olanakları sunmayı amaçlamaktadır [7].

Pekol'un Weeks'ten yaptığı alıntıya göre yeniden işlevlendirme, bir yapının tarihsel, kültürel veya mimari özelliklerini ve/veya bileşenlerini koruyarak, onarım ve eklemeler yoluyla bu yapıya, orijinal işlevinden farklı bir işlev kazandırma sürecini ifade etmektedir [8].

Yeniden işlevlendirme, yapıların fiziksel yıpranmalarını onararak, tarihsel ve kültürel değerlerini koruyarak modern ihtiyaçlara uygun hale getirilmesini sağlar. Bu süreç, yapıların kültürel miras niteliği taşıması nedeniyle, kültür sürekliliğinin sağlanması, tarih bilincinin korunması ve toplumsal değişimlere yanıt verebilmesi için gereklidir.

İyileştirme/Rehabilitasyon (Rehabilitation): Tarihi yapıların karakteri ve sahip oldukları diğer değerlerin korunmasının yanı sıra, çeşitli teknik ve yöntemler aracılığıyla bu yapıların daha işlevsel, yaşanabilir ve tercih edilebilir hale getirilmesi süreci, literatürde iyileştirme veya rehabilitasyon olarak tanımlanmaktadır [9]. İyileştirme, yapının güncel veya değişmiş kullanım gereksinimlerini karşılayabilmesi amacıyla geliştirilen bir yöntem olarak değerlendirilmekte; aynı zamanda, yapının işlevsel değerini daha üst düzeye taşımayı hedefleyen bir uygulama olarak da açıklanmaktadır [10].

Yeniden Kullanıma Kazandırma (Reuse): Tarihi yapı ve binaların asli tasarımı dikkate alınarak, gerekli uyarlamalarla yeni işlev ve ihtiyaçlara cevap verebilir hale getirilmesi, koruma süreçlerinde önemli bir yaklaşımdır [9]. Yapının koruma çalışmaları sonrasında yeniden kullanıma kazandırılması, düzenli periyodik bakımın sağlanmasına da olanak tanıyarak ekonomik açıdan sürdürülebilir bir çözüm olarak değerlendirilebilir.

Yeniden Kullanıma Adaptasyon (Adaptive Reuse): İşlevini yitirmiş veya âtıl durumda olan yapıların, özgün tasarım özellikleri korunarak, yeni gereksinimlere uygun şekilde dönüştürülmesi yoluyla yapının ömrünü uzatmayı hedefleyen bir müdahale yöntemidir [6].

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

3. SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK BAĞLAMINDA TARİHİ YAPILARIN KORUNMASI VE YENİDEN İŞLEVLENDİRİLMESİ

3.1. Sürdürülebilirlik Kavramı

Sürdürülebilirlik, toplumların insan faaliyetlerinin çevre üzerindeki etkilerini giderek daha fazla fark etmeye başlamasıyla son yıllarda önemli bir araştırma ve uygulama konusu olmuştur. Bu kavram, mevcut nesillerin ihtiyaçlarını karşılamakla birlikte, gelecek nesillerin kendi ihtiyaçlarını karşılayabilme kapasitesini tehlikeye atmadan bu süreci sürdürme yeteneğini ifade etmektedir.

1987 yılında yayımlanan Brundtland Raporu, sürdürülebilirliği, bugünün ihtiyaçlarını karşılamanın yanı sıra, gelecek nesillerin kendi gereksinimlerini karşılama olanaklarını tehlikeye atmadan kalkınmayı sağlama ilkesi olarak tanımlamaktadır.

Sürdürülebilirlik hem insan yaşamı hem de doğal çevre bağlamında, kaynakların sürekliliğini ve dengeli kullanımını amaçlayan çok yönlü bir kavram olarak ele alınmaktadır [11].

Sürdürülebilirlik, çevresel boyutun ötesinde, ekonomik ve sosyal faktörleri de içeren çok disiplinli bir yaklaşımı kapsamaktadır. Bu bağlamda, sürdürülebilirliğin temel ilkelerinden biri, kaynakların, gelecekteki nesillerin de eşit erişime sahip olacağı şekilde yönetilmesi gerektiğini öngören nesiller arası öz kaynak ilkesidir.

3.2. Tarihi Yapılarda Sürdürülebilirlik

Tarihi binaların korunması ve sürdürülebilirliği, bütünsel ve disiplinler arası bir yaklaşım gerektiren karmaşık bir sorundur. Mimari mirasın korunması ile sürdürülebilir kalkınma hedeflerinin entegrasyonu, yalnızca yapısal değil, aynı zamanda sosyal ve kültürel bir dengeyi de gerektirmektedir. Bu dengeyi sağlamak için, mimarlar, mühendisler, koruma uzmanları, politika yapıcılar ve yerel toplulukların ortak çabaları esastır [12].

Tarihi yapılar, bir toplumun belirli bir dönemine ait kültürel, sosyal ve mimari izleri taşıyan önemli belgeler olarak kabul edilmektedir. Bu yapılarının sürdürülebilirliğinin sağlanması, yalnızca fiziksel varlıklarının korunmasından ibaret olmayıp, aynı zamanda bu yapılarla ilişkilendirilen tarihsel ve kültürel değerlerin gelecek nesillere aktarılmasını da hedeflemektedir. Bu bağlamda, tarihi yapıların yeniden işlevlendirilmesine dair ilk ilkesel çerçeve, 1931 yılında kabul edilen *Carta del Restauro* (İtalyan Restorasyon Tüzüğü) kapsamında, özellikle 7. maddede belirlenmiştir. Söz konusu madde, tarihi yapıların koruma sürecinde dikkat edilmesi gereken temel prensipleri ortaya koymakta ve bu yapıların sürdürülebilir bir şekilde yeniden işlevlendirilmesine yönelik önemli bir referans sağlamaktadır.

Tarihi yapılar, kültürel, sosyal ve ekonomik değerleri nedeniyle korunması gereken önemli varlıklar arasında yer almaktadır, ancak sürdürülebilirlik ilkelerinin bu tür yapılara entegre edilmesi, çeşitli zorlukları beraberinde getirmektedir. Bu zorluklar arasında, enerji verimliliği ve çevresel sürdürülebilirlik hedeflerinin, yapıların mimari ve kültürel değerleriyle uyumlu bir şekilde gerçekleştirilmesi önemli bir yer tutmaktadır. Bunun yanı sıra, erişilebilirliğin

iyileştirilmesi ve adaptif yeniden kullanım stratejilerinin hayata geçirilmesi, tarihi yapıların hem işlevselliğini artırmak hem de koruma süreçlerini desteklemek açısından kritik unsurlar arasında yer almaktadır.

Tarihi yapıların sürdürülebilirliğine yönelik çözüm stratejileri arasında pasif güneş tasarımı, yeşil çatı uygulamaları ve dikey bahçe sistemleri gibi yenilikçi yöntemler bulunmaktadır. Tarihi yapının bağlamsal özellikleri, tasarımsal nitelikleri ve çevresel kısıtlamaları göz önüne alınarak, spesifik ve yerel gerekliliklere uygun bireyselleştirilmiş bir yaklaşım geliştirilmesi gerekmektedir. Bu tür yaklaşımlar hem kültürel mirasın korunmasını hem de sürdürülebilirlik hedeflerinin başarılmasını mümkün kılabilir.

3.3. Koruma ile Sürdürülebilirlik

Sürdürülebilirlik perspektifinden tarihi yapıların korunması, yapıların tarihi ve kültürel değerlerinin yanı sıra çevresel etkilerin azaltılmasına yönelik sürdürülebilir uygulamalar ve malzeme kullanımı arasındaki dengeyi gerektirir.

Tarihi yapılar, geçmişin izlerini taşıyan ve toplumsal kimliğimizi yansıtan önemli Dünya mirası öğeleridir. Bu yapıların korunması ve sürekliliğinin sağlanması amacıyla gerçekleştirilen müdahaleler, büyük bir özen ve titizlikle yürütülmelidir. Yenileme süreçlerinde, yapının özgün mimari karakteristiklerinin muhafaza edilmesi, işlevsel olarak doğru şekilde uyarlanması, malzeme seçimi ve uygulama tekniklerinin titizlikle belirlenmesi gerekmektedir. Yapı üzerinde yer alan donatıların ve elemanların doğru bir şekilde kullanılması ve gerekirse sonradan eklenen ilavelerin kaldırılması, yapının eski özgün haline dönmesini sağlamak için önemli bir koşuldur [13].

Tarihi yapıların korunmasında, özgün mimari bütünlüğün muhafaza edilmesi ile çevresel sürdürülebilirlik ve enerji verimliliği hedeflerinin entegrasyonu arasında bir denge sağlanması gerekmektedir. Bu denge, sürdürülebilir uygulamalar ve malzeme seçimleri ile gerçekleştirilerek, binanın hem tarihi değerleri korunmuş hem de çevre dostu ve enerji verimli bir hale getirilmiş olur [14].

Tarihi yapılar, özellikle kültürel miras açısından zengin şehirlerde önemli bir enerji talebi oluşturmaktadır. Bu bağlamda, tarihi binaların enerji verimliliğini artırmak, karbon emisyonlarını azaltmak için potansiyel bir çözüm sunmaktadır. Tarihi yapıların özgün mimari ve yapısal özellikleri, mevcut teknolojilerle uyumlu altyapı ve malzeme eksiklikleri nedeniyle bazı zorluklar ortaya çıkarmaktadır. Bununla birlikte, uygun yenilikçi yöntemler ve teknolojilerle, tarihi yapıların görsel bütünlüğü bozulmadan enerji verimliliği sağlayan sistemlerin entegrasyonu mümkündür. Tarihi yapıların korunmasına yönelik mevcut mevzuat, bu tür yenilikçi müdahalelere genellikle temkinli yaklaşsa da Avrupa'da tarihi binaların verimliliğini artırmaya yönelik çeşitli yenilikçi projeler ve akademik çalışmalar son yıllarda önemli bir gelişim göstermektedir [15].

3.4. Yeniden İşlevlendirme ile Sürdürülebilirlik

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

Yeniden işlevlendirme, mevcut yapıların yıkılarak yeniden inşa edilmesi yerine, sürdürülebilirlik ilkesine dayalı olarak mevcut yapıların uyarlanabilir bir şekilde yeniden kullanımını esas alan bir koruma yaklaşımıdır. Bu yaklaşım, yapıların kültürel, tarihi ve mimari değerlerini muhafaza ederken çevresel etkilerini minimize etmeyi ve enerji verimliliğini artırmayı amaçlamaktadır. Eski yapıların yeniden işlevlendirilmesi, yalnızca mimari ve kültürel mirasın sürekliliğini sağlamaya değil, aynı zamanda sürdürülebilir kalkınma hedeflerine katkıda bulunan stratejik bir yöntem olarak değerlendirilmektedir.

Yeniden işlevlendirme, eski yapıların enerji verimliliğini artırmayı, çevresel etkilerini azaltmayı ve aynı zamanda sosyal, kültürel ve ekonomik değerlerini korumayı amaçlayan bir yaklaşım olarak tanımlanabilir. Bu yaklaşım, tarihi yapıların korunmasının ötesinde, gelecekteki nesillere daha sürdürülebilir ve yaşanabilir bir dünya bırakma hedefini de kapsamaktadır [16].

Yeniden işlevlendirme uygulamalarında enerji verimliliğini artırmaya yönelik müdahaleler, sürdürülebilirlik hedefleri doğrultusunda kritik bir rol oynamaktadır. Bu bağlamda, yalıtımlı pencere ve kapı sistemlerinin kullanımı, güneş enerjisi panellerinin entegrasyonu, enerji tasarruflu aydınlatma teknolojilerinin uygulanması ve yüksek verimli HVAC sistemlerinin tercih edilmesi, yapıların termal performansını iyileştirirken enerji tüketimini önemli ölçüde azaltmaktadır. Bu müdahaleler, yapıların tarihsel ve mimari bütünlüğünü koruma ilkesiyle uyum içinde gerçekleştirilmelidir. Düşük uçucu organik bileşik (VOC) içeriğine sahip boyalar ve yeşil çatı sistemleri gibi sürdürülebilir inşaat malzemelerinin kullanımı, yenileme süreçlerinin çevresel etkilerini azaltarak ekolojik duyarlılığı artırmaktadır [17].

Yeniden işlevlendirme süreçlerinin temel unsurlarından biri, uyarlanabilir yeniden kullanım stratejilerinin uygulanmasıdır. Bu yaklaşım, yalnızca tarihi yapıların korunmasını sağlamakla kalmaz, aynı zamanda çevresel, ekonomik ve sosyal boyutlarda sürdürülebilirliği teşvik eder. Uyarlanabilir yeniden kullanım, mevcut binalara yeni işlevler kazandırarak doğal kaynakların korunmasını, atık miktarının azaltılmasını ve çevresel etkilerin en aza indirilmesini hedefler. Ayrıca, bu uygulama, toplulukların yeniden canlandırılmasına katkıda bulunurken, yeni inşaat ihtiyacını azaltarak dairesel ekonomi ilkelerinin hayata geçirilmesine olanak tanır. Bu yöntem, yapıların hem geçmişle bağını korumasını hem de geleceğin sürdürülebilir şehir gelişimine entegre olmasını mümkün kılar.

Mevcut yapıların ve sistemlerin yeniden işlevlendirilmesi, sürdürülebilir kalkınma çerçevesinde önemli bir strateji olarak kabul edilmektedir. Bu süreç, doğal kaynakların tüketiminin azaltılmasına, tarihi ve kültürel mirasın korunmasına ve binaların çevresel performansının iyileştirilmesine katkı sağlayabilir. Yeniden işlevlendirme, yalnızca çevresel sürdürülebilirliği desteklemekle kalmaz, aynı zamanda yapıları, yerel toplulukların ihtiyaçlarına göre uyarlayarak daha verimli ve uzun ömürlü hale getirir.

4. ARAŞTIRMA ÖRNEĞİ: ORTAKÖY SURP KRİKOR LUSAVORİÇ ERMENİ KATOLİK KİLİSESİ

4.1. Ortaköy Surp Krikor Lusavoriç Ermeni Katolik Kilisesi Tarihçesi

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

İstanbul'un Beşiktaş ilçesine bağlı Ortaköy semtinde yer alan Surp Krikor Lusavoriç Ermeni Kilisesi, Osmanlı İmparatorluğu'ndaki Ermeni toplumunun zengin tarihini yansıtan önemli bir dini ve kültürel yapıdır. 5 Kasım 1837 tarihinde Sultan II. Mahmud'un fermanıyla inşasına izin verilen kilise, Krikor Hekimyan tarafından bağışlanan arazi üzerinde inşa edilmiş ve 6 Ocak 1839'da ibadete açılmıştır. Aziz George Kilisesi olarak da bilinen bu yapı, 19. yüzyılda Ortaköy'de yaşayan Ermeni toplumu tarafından inşa edilmiş olup, geleneksel Ermeni mimarisinin karakteristik özelliklerini barındırmaktadır. Kilise, dikkat çekici kubbesi ve almaşık taş işçiliğiyle dönemin mimari anlayışını yansıtmaktadır.

Ermeni Surp Krikor Lusavoriç Kilisesi, İstanbul'daki Ermeni toplumunun dini, kültürel ve sosyal yaşamında önemli bir merkez olarak işlev görmüştür. Kilise, yalnızca bir ibadet yeri olmanın ötesinde, Ermeni toplumunun sosyal ve kültürel etkinliklerini gerçekleştirdiği bir buluşma noktası olarak hizmet sunmuştur. Bunun yanı sıra, bünyesindeki okul aracılığıyla uzun yıllar boyunca Ermeni çocuklarına eğitim verilmiş, böylece kültürel mirasın gelecek nesillere aktarılmasında kritik bir rol oynamıştır.

Ermeni Surp Krikor Lusavoriç Kilisesi, İstanbul'daki Ermeni toplumu için yalnızca bir ibadet yeri değil, aynı zamanda toplumsal dayanışma ve kimliğin önemli bir sembolü olmuştur. Özellikle 19. yüzyılın sonları ve 20. yüzyılın başlarında, Osmanlı İmparatorluğu'nda Ermeni toplumunun artan ayrımcılık ve baskılara maruz kaldığı bir dönemde, bu kilise toplumsal direnç ve dayanışmanın bir göstergesi olarak öne çıkmıştır. Kilise, Ermeni toplumunun zorluklara karşı varlığını sürdürme ve kültürel kimliğini koruma çabalarının somut bir ifadesi olarak dikkat çekmektedir.

4.2. Ortaköy Surp Krikor Lusavoriç Ermeni Katolik Kilisesi Mekansal Özellikleri

Surp Krikor Lusavoriç Kilisesi, mimarisiyle Roma bazilikalarını çağrıştıran bir tasarıma sahiptir ve yamuk dikdörtgen biçimindeki bir avlu içerisinde konumlanmıştır. Kiliseye güney ve batı cephelerinden erişim sağlanmaktadır. Batı cephesindeki giriş, çift kanatlı ahşap bir kapı aracılığıyla gerçekleşirken, güney cephesindeki giriş ise başlangıçta ahşap olarak tasarlanmış, ancak zamanla yıpranma nedeniyle demir kapı ile değiştirilmiştir. Simetri ilkesine uygun şekilde yarım daire formunda tasarlanan bu girişler, almaşık taş ve tuğla örme tekniğiyle inşa edilmiş bahçe duvarlarıyla çevrelenmiştir [18].

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



Görsel 1. Batı Giriş Cephesi Görünüşü, Serdar Kasap, 2018

2017 yılında yapılan restorasyon çalışmaları kapsamında, kilisenin avlusunun zemini taş döşeme ile yenilenmiştir. Avlu ile kilise zemini arasındaki kot farklılıklarının giderilmesi amacıyla, orta aks üzerinde yedi basamaklı bir merdiven, kuzey ve güney yönlerinde ise dörder basamaklı merdivenler tasarlanmıştır. Bu düzenleme, yapının işlevselliğini artırırken mekânsal bütünlüğünü korumayı amaçlamaktadır.



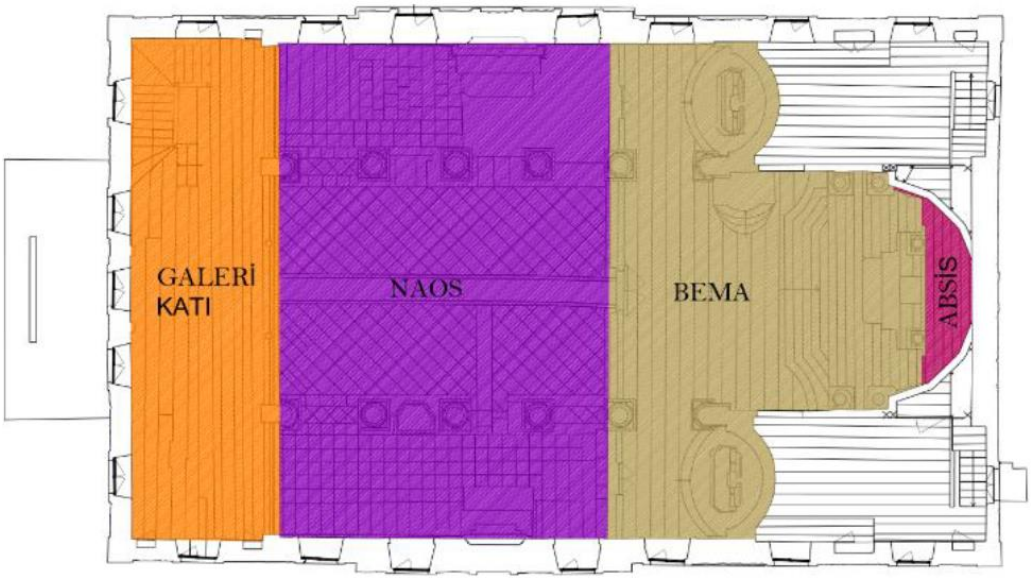
Görsel 2. Batı Cephesi Avlu Bahçesi, Serdar Kasap, 2018

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

Ziyaretçilerin kiliseye erişimi, avlunun batı cephesinde yer alan ana giriş kapısı üzerinden sağlanmaktadır. Zemin kat planında narteks, bema, naos ve apsis gibi litürjik öneme sahip temel mekânlar yer almaktadır. Üst katlarda yer alan galeri ve koro katlarına, narteksten başlayan ve ahşap malzeme ile inşa edilmiş merdivenler aracılığıyla ulaşılmaktadır. Bu mekânsal düzenleme, yapının litürjik işlevselliğini ve mimari organizasyonunu uyum içinde yansıtmaktadır.



Görsel 3. Yapının Bölümlerinin Zemin Kat Planında Gösterimi, Serdar Kasap, 2018



Görsel 4. Yapının Bölümlerinin Birinci ve İkinci Kat Planında Gösterimi, Serdar Kasap, 2018

Yapı, üç nefli bazilikal bir plana sahiptir ve 34x18,5 metre boyutlarında, 14 metre yüksekliğinde inşa edilmiştir. Kâgir yapım tekniği kullanılarak inşa edilen yapının üst örtüsü, iç mekânda beşik tonoz, dış mekânda ise kırma çatı ile örtülmüştür. Zemin katta kilise dış girişi, narteks, naos, bema (koro alanı), apsis, vaftizhane ve muganniler için soyunma odası gibi mekânlar

bulunmaktadır. Birinci kat, ahşap merdivenlerle ulaşılan kadınlar galerisi ve apsis bölümünde yer alan amira odalarını içermektedir. Yapının çatı katında bir galeri daha bulunmaktadır [18].



Görsel 5. Yapının Bölümlerinin Kesit Üzerinde Gösterimi, Serdar Kasap, 2018

Yapının avlusunda, batı cephesinden başlayarak U biçiminde sıralanan beş müştemilat odası bulunmaktadır. Avlu içerisinde ayrıca bir çan kulesi, üzerinde "*Der Yervant Vartabed Sevyan otuz altı yıllık ruhsal önderlik etkinlikleri için tarikatın üyeleri bu anı taşını koydular*" yazılı bir anı taşı ve bir vaftiz kurnası yer almaktadır. Bu unsurlar, yapının dini ve sosyal işlevselliğini destekleyen önemli mimari ve sembolik öğelerdir.

4.3. Restitüsyon ve Onarımı İçin Önerilen Müdahaleler

Ortaköy Surp Krikor Lusavoriç Ermeni Katolik Kilisesi'nin restorasyon sürecinde, yapının tarihi ve kültürel bütünlüğünün korunabilmesi amacıyla kapsamlı bir kaynak taraması yapılmıştır. Bu bağlamda, Beşiktaş-Ortaköy bölgesinin tarihsel gelişimine dair haritalar, yapının evrimini ve geçirdiği değişiklikleri daha iyi anlayabilmek için önemli bir referans kaynağı olmuştur. Dönemin fotoğrafları ve yazılı belgeler, yapının özgün mimari özelliklerini belirleyebilmek adına kritik bir rol oynamıştır. Özellikle Hovhannes J. Tcholakian'ın *L'eglise Armenienne Catholique En Turquie* adlı eseri, restitüsyon önerilerinin bilimsel temele oturtulmasında önemli bir kaynak sağlamaktadır. Bu veriler doğrultusunda, kilisenin tarihsel süreçte geçirdiği değişiklikler ve mekân üzerindeki izler dikkatle incelenmiş ve restitüsyon projesi geliştirilmiştir. Çalışma, yapının çevresiyle olan ilişkisini ele alan bir vaziyet planı analizi ile başlamış, ardından iç mekândaki bezeme unsurlarına yönelik özgün korunma ve yeniden düzenleme önerileri sunulmuştur.

Surp Krikor Lusavoriç Ermeni Katolik Kilisesi, inşa edildiği ilk günden itibaren kilise fonksiyonunu sürdürmüştür. Çevresindeki sosyal yapının ve ihtiyaçların değişimi, kilisenin kullanım yoğunluğunda azalmaya yol açmıştır. İlk dönemlerde yoğun bir ziyaretçi kitlesine sahip olan kilisenin mevcut cemaat sayısı günümüzde yaklaşık otuz kişi ile sınırlıdır. Yapının yenilenmesine yönelik oluşturulan restorasyon projesi çerçevesinde, yapının özgün karakterine zarar vermeden, güçlendirme ve sağlamlaştırma işlemlerinin en uygun yöntemlerle

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

gerçekleştirilmesi hedeflenmiştir. Bu süreç, kilisenin korunarak geleceğe taşınmasını sağlamakla kalmayıp, aynı zamanda yapının ekonomik ve sosyal sürdürülebilirliğine katkı sunmayı da amaçlamaktadır.

Restorasyon sürecinde, Surp Krikor Lusavoriç Ermeni Katolik Kilisesi ve müştemilat yapıları için özgün yapı elemanlarının korunması amacıyla çeşitli müdahalelerde bulunulması öngörülmüştür. İlk olarak, müştemilat yapılarında mevcut kâgir beden duvarlarının korunması, ancak muhtes tuğla duvarların kaldırılması planlanmaktadır. Yapının özgün ahşap strüktürü, yeniden inşa edilecek ve kapalı olan kapı ve pencereler açılacaktır. Restitüsyon projesinde tasarlanan ahşap kapı ve giyotin pencerelerin, özgün tipolojisine uygun olarak yapılması öngörülmektedir. Kilise girişindeki ahşap kapı ve pencerelerin de özgün formlarına uygun şekilde yeniden üretilmesi önerilmektedir.

Kilisenin iç mekânında, mevcut pvc pencerelerin yerine restitüsyon projesi doğrultusunda özgün boyut ve formlarda ahşap giyotin pencereler yapılması beklenmektedir. Özgün zemin döşemelerinin korunması, muhtes gaz betonun kaldırılması ve yerine aynı formda taş döşeme yapılması planlanmaktadır. Mevcut ahşap döşemeler ve tavan kaplamalarının özgünlüğü korunacak, ancak nem ve rutubet nedeniyle oluşan bozulmaların onarılması gerektiği öngörülmektedir. Hasar görmüş kısımların özgün ahşap malzemelerle değiştirilmesi, diğer bozulmaların ise olduğu gibi korunması önerilmektedir.

Tonozlarda yapılacak her türlü işlem, uzman konservatör ve restoratörler tarafından gerçekleştirilecektir. Tavan kalem işlerine başlanmadan önce tavandaki çatlakların yerinde incelenmesi, uzman kişiler tarafından yapılacak değerlendirmelerle belirlenmesi beklenmektedir. Bezeme, fresk ve tuval onarımlarının da uzman restoratörler tarafından yapılması gerekmektedir. Ayrıca, zeminde görülen oturma çatlaklarının nedenlerinin belirlenmesi amacıyla, yapı içi ve çevresinde georadar çalışması yapılması önerilmektedir. Bu çalışmaların sonucunda, zemin etüdü ve temel araştırma kazıları ile yapı ile zemin arasındaki ilişkinin daha detaylı şekilde anlaşılması sağlanacaktır.

Kapı ve pencere sövelerinin temizlenip onarılması, mevcut Marsilya kiremitlerinin restorasyon sonrasında tekrar kullanılmasının uygun olacağı öngörülmektedir. Kilise yapısının sonradan sıvanan duvar yüzeylerinin sökülmesi ve özgün köşe taşlarının gün yüzüne çıkarılması önerilmektedir. Strüktürel bozulmalar nedeniyle ayakta duramayan çan kulesinin, restitüsyon projesine uygun olarak özgün tipolojisinde yeniden inşa edilmesi gerektiği öngörülmektedir. Bu önerilen müdahaleler, yapının tarihsel ve yapısal bütünlüğünü koruyarak, geleceğe taşınmasını sağlamayı hedeflemektedir.

4.4. Yeniden İşlevlendirme İçin Önerilen Müdahaleler

İstanbul'un Ortaköy ilçesinde yer alan Surp Krikor Lusavoriç Ermeni Katolik Kilisesi, sürdürülebilirlik ilkeleri doğrultusunda yeniden işlevlendirilmesi potansiyeline sahip önemli bir kültürel miras yapısıdır. Bu yapı, sadece tarihi ve kültürel değerlerin korunmasını sağlamakla kalmayıp, aynı zamanda modern sürdürülebilirlik hedeflerine ulaşma açısından da önemli fırsatlar sunmaktadır. Yeniden işlevlendirme süreci, yapının özgün mimari karakterinin ve

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

tarihi dokusunun korunarak, çevresel, ekonomik ve toplumsal sürdürülebilirlik hedefleriyle uyumlu bir şekilde uygulanmasını gerektirmektedir.

İstanbul'un Ortaköy ilçesinde yer alan Surp Krikor Lusavoriç Ermeni Katolik Kilisesi, sürdürülebilirlik prensipleri doğrultusunda bir kültür ve sanat merkezi olarak yeniden işlevlendirilebilecek bir yapı olarak değerlendirilebilir. Restorasyon sürecinde, enerji verimliliği sağlayan aydınlatma ve ısıtma sistemlerinin entegrasyonu, çevre dostu inşaat malzemelerinin kullanımı ve su tasarrufu sağlanacak önlemlerin uygulanması gibi temel sürdürülebilirlik kriterlerinin dikkate alınması öngörülmektedir. Bu tür bir müdahale hem yapının çevresel etkisini azaltmaya hem de toplum için ekonomik ve sosyal faydalar sağlamaya yönelik stratejik bir yaklaşım sunmaktadır. Önerilen stratejiler hem binanın tarihsel kimliğinin korunmasına hem de günümüzdeki kullanım ihtiyaçlarının karşılanmasına olanak tanıyacak şekilde tasarlanabilir.

Surp Krikor Lusavoriç Ermeni Katolik Kilisesi, sürdürülebilir bir kültür ve sanat merkezi olarak yeniden işlevlendirildiğinde, sanat sergileri, film gösterimleri, eğitim dersleri ve atölye çalışmaları gibi kültürel farkındalık ve eğitimi destekleyen etkinliklere ev sahipliği yapabilir. Bu tür programlar, sadece İstanbul'daki Ermeni toplumunun kültürel mirasını tanıtmakla kalmayıp, aynı zamanda şehrin daha geniş tarihsel ve kültürel bağlamına da ışık tutabilir. Bu yapı konserler, tiyatro gösterileri ve seminerler gibi farklı etkinlikler için kullanılabilecek bir mekâna dönüşebilir. Kilisenin avlusunda bulunan müştemilat alanları, çeşitli eğitim faaliyetlerine yönelik atölyeler olarak tasarlanabilirken, bahçe ve avlu alanlarında kafeterya ve dinlenme alanları oluşturulabilir. Bu tür bir dönüşüm, yapıyı hem yerli hem de yabancı turistler için cazip kılabilir, böylece yapının ekonomik ve sosyal açıdan katkı sağlaması mümkün hale gelir.

Kültür merkezinin uzun vadeli sürdürülebilirliğini garanti altına almak için, yerel toplumun sürece dahil edilmesi kritik bir öneme sahiptir. Bu, halkın geri bildirimlerinin alınması amacıyla kamu toplantıları düzenlemeyi ve merkezin yönetimi ve işletilmesi konusunda yerel paydaşlarla iş birliği yapmayı içerebilir. Böylece, toplumsal katılım teşvik edilerek, merkezin sürdürülebilirliği ve topluma sağladığı fayda artırılabilir.

5. DEĞERLENDİRME VE SONUÇ

Toplumların dönüşen dinamikleri, teknolojik ilerlemeler ve nüfus yoğunluğundaki artış, doğal kaynakların hızla tüketilmesine neden olmuş; bu durum sürdürülebilirlik kavramının hem kuramsal hem de pratik düzlemde önem kazanmasını beraberinde getirmiştir. Sınırlı doğal kaynakların tükenme tehlikesi, insanlarda gelecek kaygısını artırarak bilinçli tüketim ve koruma yöntemlerine yönelik politikaların geliştirilmesini zorunlu kılmıştır. Bu kapsamda, sürdürülebilirlik hedeflerinin temel odağı, mevcut kaynakların rasyonel yönetimi yoluyla gelecek nesillere aktarılabilirliğinin sağlanmasıdır.

Kültürel kimliği temsil eden tarihi yapılar, sürdürülebilirlik bağlamında yalnızca korunması gereken pasif unsurlar olarak değil, aynı zamanda sürdürülebilir kalkınmaya etkin bir şekilde katkı sağlayabilecek aktif değerler olarak değerlendirilmektedir. Bu çalışmada, tarihi yapıların

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

çağdaş işlevlerle yeniden kullanıma kazandırılmasının sağladığı potansiyel faydalar ile bu süreçte karşılaşılan yapısal, sosyal ve çevresel zorluklar analitik bir yaklaşımla ele alınmıştır. Araştırma bulguları, kültürel mirasın korunmasının toplumsal kimliğin muhafazası açısından kritik önemde olduğunu ortaya koymaktadır. Ayrıca, bu yapıların eğitim, turizm ve sosyal etkileşim alanlarında önemli fırsatlar sunduğu ve toplumların kolektif hafızasını güçlendirdiği belirlenmiştir.

Tarihi yapıların yeniden işlevlendirilmesi süreci, enerji verimliliğinin artırılması ve karbon salınımının azaltılması gibi sürdürülebilir kalkınma hedeflerini destekleme potansiyeli taşımaktadır. Ancak, bu süreçte en büyük zorluklardan biri, yapıların tarihsel önemi ve mimari bütünlüğü ile modern kullanıma yönelik uyarlama gereklilikleri arasında bir denge sağlanmasıdır. Bu bağlamda, tarihi yapıların hem geçmişin mirasını saygıyla koruyan hem de geleceğe yönelik sürdürülebilirlik ilkelerine uyumlu olan bütüncül bir anlayışla ele alınması gerekmektedir.

Bu çalışma, tarihi yapıların sürdürülebilir kalkınma bağlamındaki rolüne dair yeni bir bakış açısı sunmayı amaçlamaktadır. Çalışmada, kültürel mirasın korunmasının yanı sıra çağdaş toplumsal ihtiyaçların karşılanmasının gerekliliği vurgulanmıştır. Örnek olay incelemesi olarak, Ortaköy Surp Krikor Lusavoriç Ermeni Katolik Kilisesi'nin sürdürülebilirlik bağlamında kültürel bir merkez olarak restorasyonu ve yeniden işlevlendirilmesi süreci incelenmiştir. Bu süreç, mimari koruma, kültürel mirasın sürdürülebilirliği, toplumsal fayda ve çevresel koruma gibi çok katmanlı bir yapıya sahiptir.

Surp Krikor Lusavoriç Ermeni Katolik Kilisesi'nin restorasyonunda karşılaşılan temel sorun, binanın tarihsel ve mimari bütünlüğünün korunması ile modern bir kültürel merkez işlevine uyarlanması arasındaki hassas dengenin sağlanmasıdır. Bu bağlamda, yapının orijinal tasarımının detaylı bir biçimde analiz edilmesi ve alanın kültürel, tarihsel ve sosyal bağlamdaki öneminin yeniden değerlendirilmesi kritik öneme sahiptir. Bu tür girişimler, sürdürülebilir kalkınma hedefleri doğrultusunda tarihi yapıların yeniden işlevlendirilmesine yönelik model oluşturma potansiyeline sahiptir.

KAYNAKÇA

[1] Ahunbay, Z., *Tarihi Çevre Koruma ve Restorasyon,* Yem Yayın, İstanbul, 2011.

[2] Foner E., *Give Me Liberty!: An American History*, W.W. Norton & Company, 2013.

[3] Tilly, C., *Historical Structures,* The Oxford Handbook of Historical Sociology *(Eds.* Joachim J. Savelsberg and Peter N. Stearns), Oxford University Press, 2008.

[4] Hasol, D., *Ansiklopedik Mimarlık Sözlüğü,* YEM Yayınları, İstanbul, 2002.

[5] Yaldız, E., *Anıtsal Yapıların Kullanım Sürecinde Değerlendirilmesine Yönelik Bir Model Önerisi*, Doktora Tezi, Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya, 2013.

[6] Zakar, L., ve Eyüpgiller, K.K., *Mimari Restorasyon Koruma Teknik ve Yöntemleri: Restorasyon Uygulamalarında Kullanılan Çağdaş Teknikler*, YEM Yayınları, İstanbul, 2018.

[7] Gazi, A., & Boduroğlu, E., İşlev Değişikliğinin Tarihi Yapılar Üzerine Etkileri: Alsancak Levanten Evleri Örneği, Megaron, 10(1), s. 57-69, 2015.

[8] Pekol, B., *İstanbul'da Yeni İşlevlerle Kullanılan Tarihi Yapıların Üslup Sorunsalı*, Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 2010.

[9] WBDG (World Building Design Guide), https://www.wbdg.org/, (Erişim tarihi: 28.11.2024).

[10] ICOMOS Türkiye Mimari Miras Koruma Bildirgesi, http://www.icomos.org.tr/, (Erişim tarihi: 27.11.2024).

[11] Tutkun, M. ve İmamoğlu, E., *Mevcut Yapılar ve Tarihi Yapıların Yeniden Kullanıma Kazandırılmasında Ekolojik Yaklaşımlar ve Etkileri*, In: 2nd International Sustainable Buildings Symposium, pp. 592-599, 2015.

[12] Smith, J., *Sustainability in Historical Buildings: Balancing Preservation and Progress*, Journal of Architectural Conservation, vol. 25, no. 3, pp. 213-232, 2020.

[13] Zeren, M. T., *Tarihi Çevrede Yeni Ek ve Yeni Yapı Olgusu: Çağdaş Yaklaşım Örnekleri*, Yalın Yayıncılık, 2019.

[14] Boarina, P., Guglielmino, D., Pisello, A.L., ve Cotana, F., *Sustainability Assessment of Historic Buildings: Lesson Learnt from an Italian Case Study through LEED® Rating System*, 6th International Conference on Applied Energy, Sciencedirect, 2014.

[15] Vieites, E., Vassileva, I., ve Arias, J.E., *European Initiatives Towards Improving the Energy Efficiency in Existing and Historic Buildings*, 7th International Conference on Applied Energy, ScienceDirect, 2015.

[16] Robertson, M., *Sustainability Principles and Practice*, Oxford University Press, 2015.

[17] Johnson, A., Sustainability and Ecological Design: An Integrative Approach to Architecture and Design, Journal of Sustainable Design, vol. 12, no. 1, pp. 56-72, 2019.

[18] Kasap, S., *Ortaköy Surp Krikor Lusavoriç Ermeni Katolik Kilisesi, Restorasyon Projesi*, Yüksek Lisans Tezi, Fatih Sultan Mehmet Vakıf Üniversitesi, Mühendislik ve Fen Bilimleri Enstitüsü, 2018.

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

ГЕЙМИФИКАЦИЯ В ОБРАЗОВАТЕЛЬНОМ ПРОЦЕССЕ
GAMIFICATION IN THE EDUCATIONAL PROCESS

Sharmukhanbet Saltanat

PhD, Associate Professor, K. Dosmukhamedov Atyrau University, Department of Software Engineering, s.sharmukhanbet@asu-edu.kz, https://orcid.org/0000-0003-4417-0485,

Gulnur Turmukhanova

Senior Lecturer, K. Dosmukhamedov Atyrau University, Department of Software Engineering, turmukhanovag@mail.ru, https://orcid.org/0000-0002-8912-2746

Nurgul Baytemirova

Senior Lecturer, K. Dosmukhamedov Atyrau University, Department of Software Engineering, bnb-84@mail.ru, https://orcid.org/0000-0003-1411-620X,

Danagul Kudabayeva

Master Instructor, K. Dosmukhamedov Atyrau University, Department of Software Engineering, kudabaeva.dawa@gmail.com

АННОТАЦИЯ

В статье рассматривается концепция геймификации в современном образовательном процессе, а также ее преимущества, недостатки и факторы, влияющие на развитие данного подхода в обучении. Приведены примеры игровых ресурсов, используемых в образовательной практике. Автор акцентирует внимание на проблеме поиска и применения более эффективных методов обучения. Представлена структура исследования «Уровень удовлетворенности геймификацией в образовании», проанализированы полученные результаты и предложены рекомендации по внедрению геймификации в разработку образовательных курсов.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: Квесты, геймификация, методы обучения, образовательная среда, навыки, учебный процесс.

ANNOTATION

The article examines the concept of gamification in the modern educational process, as well as its advantages, disadvantages and factors influencing the development of this approach in teaching. Examples of game resources used in educational practice are given. The author focuses on the problem of finding and applying more effective teaching methods. The structure of the study "The level of satisfaction with gamification in education" is presented, the results obtained are analyzed and recommendations for the introduction of gamification in the development of educational courses are proposed.

KEYWORDS: Quests, gamification, teaching methods, educational environment, skills, learning process.

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

Введение

Gamification, or the application of game elements in non-game contexts, is becoming one of the trending methods in education. In the educational environment, gamification aims to enhance student engagement and motivation, helping them actively participate in the learning process and absorb the material more effectively.

The psychological effect of gamification is driven by its ability to stimulate intrinsic motivation. Game elements create an environment where students feel engaged and interested in the learning process, which, in turn, reduces anxiety and stress often associated with traditional teaching methods. Through gameplay, students are more likely to perceive learning tasks as opportunities for growth rather than mandatory assignments.

The use of gamification to stimulate active student learning reflects modern approaches to higher education. The integration of virtual games represents a significant shift in information culture towards the Internet and is particularly relevant today, as this method enhances student engagement and active participation. Gamification fosters critical thinking on current topics, prepares students for careers in the tech sector, and helps educational institutions address challenges related to motivation and engagement [1].

In addition to addressing educational tasks, the skills developed through gameplay, such as foresight, recursive thinking, and information structuring under time constraints, align with priority educational competencies and skills [2]. Gamification methods, based on active learning principles, serve as an alternative to passive information absorption and promote active student engagement. This study presents the results of surveys reflecting the methods of application and the impact of gamification.

Gamification of the educational process has become particularly significant in the 21st century. O.V. Orlova and V.N. Titova from Tomsk State Pedagogical University, explaining the reasons for implementing gamification in pedagogy, emphasize the natural human need for play. Play, alongside work and learning, has always been one of the key forms of human activity [3]. This was also noted by the Dutch philosopher Johan Huizinga. A similar position was held by V.P. Varenina, Associate Professor of the Department of Foreign Languages at MESI [4].

G.P. Shchedrovitskiy [5] argued that it is play, with its conditionality, structural ambiguity, and variability, that fosters collective cognitive activity. Play allows participants to complete tasks in a free, creative form, where deviations and mistakes are possible without the fear of failure. The successful application of game-based methods in education is discussed in detail by Lee Sheldon in his book *The Multiplayer Classroom* [6].

Thus, the analysis revealed a large number of official sources—articles, projects, textbooks, and recommendations — dedicated to gamification. This indicates the relevance of the topic and widespread interest in game-based learning methods. Today, the solution to many pedagogical tasks is closely connected with digital educational technologies. Gamification is one of the promising areas for the application of information technology in the educational process.

The educators of the 21st century face the need to find more effective teaching methods to achieve high results. Gamification, as a game-based method, helps to improve the efficiency and quality of the educational process.

The practical part of the study aimed to identify gamification methods for their application in higher education. In addition to analyzing scientific literature, interviews and surveys were conducted with students enrolled in the Bachelor's program in "Applied Informatics in Design."

Research questions:

1. What gamification methods are used by educators in higher education?

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

2. How do instructors use gamification to enhance student engagement and motivation?
3. How does gamification impact the academic performance of university students?

The participants' responses were recorded and analyzed for further processing. To increase the reliability of the results, matches and differences in the answers were studied. Through inductive comparison, categorization, and identification of main themes, key relationships were revealed. The final topics of the interview are formulated and presented below.

A total of 68 students from Master's programs in "Pedagogical Education" participated in the survey. Data was collected during the 2023/2024 academic year. B. Berk [7] notes that the value of gamification is realized through teachers who recognize its significance. According to the author, the main obstacle to the successful implementation of gamification lies in the lack of skills in working with gaming methods.

The study participants discussed the processes of defining, managing, measuring, designing and personalizing game mechanics when introducing gamification into the educational process.

The participants of the experiment characterized gamification as an interactive and immersive tool aimed at activating their participation in the educational process and increasing learning motivation. Table 1 provides definitions related to the design of gamification methods.

Table 1

Definition of gamification

Definition	Percentage distribution
"The application of design principles specific to games, but with a purpose other than gaming."	88,7%
"Game elements, for example, a system of points, ratings or awards (badges)."	71,5%
"An educational process aimed at activating students' learning activities, moving from productive to more creative thinking, as well as applying the knowledge gained in real life."	59,3%
"A method that allows you to bring real work activity into the learning process, helping students not only to read and listen to lectures, but also to actively participate in learning."	57,4%
"Students' choice of teaching method, including key elements of tasks and actions."	43,9%
"Important changes in the system that not only have value, but are also adapted to what and how the student wants to study."	35,6%
"Providing students with a choice focused on shaping their own learning trajectory and achieving success."	29,7%

The participants of the study identified key aspects in defining gamification. Similar to how K. Werbach [8] views gamification as an academic framework that integrates game mechanics into the educational process, the Master's students emphasized that gamification fosters educational autonomy, independence, and personal control. All participants in the experimental group noted in their responses that game-based principles are focused on active learning.

The use of a grading system to measure learning outcomes turned out to be the most common method of student assessment. Although most respondents gamified the content of individual courses, some noted the need to apply gamification to the entire educational

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

process, while acknowledging that students primarily focus on grades. As an alternative, respondents proposed the creation of a virtual interactive game environment that motivates participants to interact and allows students to showcase their achievements during the learning process. Another strategy for applying gamification to motivation was also suggested, with exams and grades being used to assess the quality of students' work. Table 2 presents data on the gamification of the educational process, collected from the study participants.

Table 2

Evaluating the educational process through gamification

Assessment of the educational process	Percentage distribution
"Can be done inside or outside the game system"	89,3%
"Learning outcomes cannot be measured by gamification"	87,6%
"I consider the use of gamification for measuring learning outcomes inappropriate."	71,9%
"The game exists solely to teach."	60,1%
"Points have been allocated according to the rubric for assessing students."	50,1%

The ability of participants to effectively overcome challenges in the classroom requires the continuous updating and improvement of gamification methods. Table 3 presents the respondents' evaluation of gamification methods and experiences in terms of student engagement. Overall, the subjects view gamification as a beneficial complement to the lecture-seminar system, suitable for various types of learners. Feedback and demonstration of learning outcomes contribute to the successful integration of gamification into the educational process.

Table 3

Evaluation of Gamification

Evaluation	Percentage distribution
"Applications to real-world scenarios"	87,9%
"Students are more willing to engage with games than with regular assignments."	75,6%
"Well-thought-out assessments by the instructor and students"	70,2%
"It is important to use interaction between learners, as this aspect is usually given little attention in traditional education."	61,8%
"Flexibility in assignments and higher grades for students in a gamified educational process"	56,8%
"Changing the rules may cause dislike and alienation among students."	50,6%
"Creates a sense of impartiality"	41,2%
"Some students prefer the traditional lecture-seminar approach."	37,5%

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

The results showed that the use of game mechanics in gamification helps activate student participation, engagement, and motivation. In an effort to increase student involvement in the learning process, participants implemented elements of game technologies to create an intensive study of the course subject. Through the practical application of gamification elements, including personal and social interactions in the classroom and exposure to real-world work activities, a positive effect was observed: students actively participated in discussions, showed higher results in coursework, and experienced greater enjoyment from the learning process.

Thus, the game-based methods used in educational programs resonate with students. Modern youth values the implementation of gamification in the educational process, as it makes learning engaging and interesting. Based on the data obtained, it can be confidently stated: the power is in games. They have the potential to significantly improve the quality of education in the era of innovation, where the real and virtual worlds merge into one.

This article was prepared within the framework of the intra-university research project 0124RKI0197 "integrated learning technologies: robotics, 3D modeling and gamification in the educational process", implemented in 2024 by the Ministry of Science and higher education of the Republic of Kazakhstan.

Bibliographic list

1. Lee, J.J., Hammer, J. Gamification in education: what, how, why bother? // Acad. Exch. Q. 15 (2), 146 (2011). https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=3714308.

2. Pillay, H. An investigation of cognitive processes engaged in by recreational computer game players: implications for skills of the future // J. Res. Technol. Educ. 34(3), 336–350 (2002). doi:10.1080/15391523.2002.10782354.

3. Bystrova N.V., Urakova M.N., Ermolayeva E.L., Digital Technologies in the Educational Space // Professional Self-Determination of Youth in an Innovative Region: Problems and Prospects, 2020. P. 88–91.

4. Zinovyeva S.A., Zakharova N.A. Electronic Learning Environment as a Means of Enhancing the Effectiveness of Independent Student Work // Problems of Contemporary Pedagogical Education. 2020. No. 69-1. P. 108–111.

5. Varenina L.P. Gamification in Education // Historical and Folk Education. 2019. No. 6-2. P. 314–317. URL: https://elibrary.ru/item.asp?id=22981456 (accessed: 20.05.2018).

6. Gaft E. Gamification in Education // What Was to Be Proven. 2016. No. 2 (12). P. 24–40. URL: https://4td.fm/article/geymifikatsiya-v-obrazovanii (accessed: 20.12.2018).

7. Burke, B. Gamify: how gamification motivates people to do extraordinary things. Bibliomotion, Brookline (2014).

8. Werbach, K. (Re)Defining gamification: a process approach // Spagnolli, A., Chittaro, L., Gamberini, L. (eds.) Persuasive Technology, pp. 266–272. Springer, Switzerland (2014).

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

TARİHİ KÖPRÜLERİN KORUNMASI VE YAPISAL ÖZELLİKLERİNİN ANALİZİ: BİLECİK-BAŞKÖY, KEMER KÖPRÜ ÖRNEĞİ

Dr. Öğr. Üyesi Serdar KASAP[1]
Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi,
serdar.kasap@bilecik.edu.tr - 0000-0002-7847-3284

Doç. Dr. Parisa GÜNEŞ[2]
Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi,
parisa.goker@bilecik.edu.tr - 0000-0001-8876-2621

Arş. Gör. Adive Begül BULUT[3]
Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi,
begul.bulut@bilecik.edu.tr - 0000-0002-0135-1780

Yüksek Mimar, GİZEM SERİ YEŞİL[4]
[4] gizem.serii@gmail.com 0000-0002-4226-7024

ÖZET

Tarihi köprüler, inşa edildikleri dönemin mimari, mühendislik ve estetik anlayışını yansıtan önemli kültürel miras unsurlarıdır. Bu çalışmada, Bilecik'in Merkez İlçesi'ne bağlı Başköy'de yer alan Kemer Köprü'nün yapısal özellikleri incelenerek, köprü üzerinden tarihi köprülerin korunması değerlendirilmiştir.

Kemer Köprü, mimari tasarımı ve kullanılan malzemeleriyle bölgenin karakteristik özelliklerini yansıtmaktadır. Çalışmada köprünün mimari detayları, yapısal dayanıklılığı, malzeme özellikleri ve çevresel etkiler karşısındaki durumu detaylı bir şekilde analiz edilmiştir. Ayrıca köprünün karşı karşıya olduğu doğal faktörler ve insan kaynaklı tehditler değerlendirilmiş, bu sorunlara yönelik çözüm önerileri geliştirilmiştir. Koruma çalışmalarında özgün tasarım ve yapısal bütünlüğün korunmasının yanı sıra, modern mühendislik yöntemleriyle sürdürülebilirlik ilkesinin bir arada gözetilmesi gerektiği vurgulanmış; koruma ile restorasyon süreçlerine dair öneriler geliştirilmiştir.

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

Bu çalışma, Başköy Kemer Köprü'nün yalnızca bir mühendislik yapısı olmadığını, aynı zamanda bölgenin sosyal ve kültürel hafızasını yansıtan bir kimlik taşıdığını ortaya koymaktadır. Tarihi köprülerin korunması, geleceğe aktarılmaları açısından bir gereklilik olup; özgünlük, sürdürülebilirlik ve toplum bilincini temel alan yaklaşımların benimsenmesiyle mümkün olabileceği ifade edilmektedir.

Anahtar Kelimeler: Tarihi köprüler, Kemer Köprü, Kültürel miras, Yapısal analiz, Sürdürülebilirlik ilkeleri

1. GİRİŞ

Tarihsel süreçte, insanların yaşam kalitesini artırma ve ulaşım süreçlerini kolaylaştırma amacı güderek, dönemin mevcut teknolojik ve mühendislik imkanlarıyla köprüler inşa edilmiştir. Bu yapılar, tarihi mirasın önemli örnekleri arasında yer almakta olup, günümüze ulaşmayı başaran pek çok köprü, kültür ve mühendislik açısından önemli değere sahiptir. Köprülerin önemi, özellikle doğal engelleri aşarak kara parçalarını birbirine bağlama işlevinden kaynaklanmaktadır. Su, arazi, çukur ve benzeri engelleri aşmak amacıyla inşa edilen bu yapılar, ulaşım altyapısının temel unsurları arasında yer almıştır.

Tarihi köprüler, inşa edildikleri dönemin kültürel mirasının bir parçası olmanın ötesinde, aynı zamanda bölgesel ulaşımın ayrılmaz bileşenleri olmuştur. Yeryüzünün jeolojik yapısı nedeniyle çeşitli doğal afetlere maruz kalan bu yapılar, uzun ömürlü ve sağlam olmaları açısından korunmaya ihtiyaç duymaktadır. Bu bağlamda, incelenen tarihi köprüler, yığma duvar sistemleriyle inşa edilerek, kemerler, temeller, dolgu ve tempan duvarları gibi yapısal ve yapısal olmayan unsurlardan oluşmaktadır [1].

2. TARİHİ KÖPRÜLERİN YAPISAL VE MİMARİ ÖZELLİKLERİ

2.1. Tarihi Köprülerin Yapısal Temelleri ve Genel Özellikleri

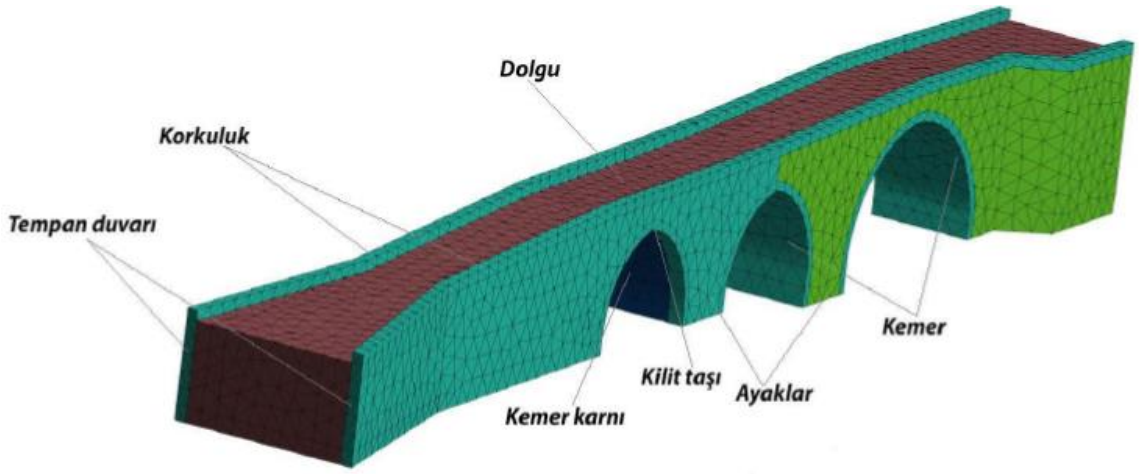
Tarihi köprüler, insanlığın mühendislik ve estetik birikimini yansıtan en eski ve en değerli yapılar arasında yer almaktadır. Farklı coğrafi, kültürel ve teknolojik koşullara bağlı olarak çeşitlenen bu yapılar, zaman içerisinde malzeme teknolojilerindeki ve yapım tekniklerindeki ilerlemeler doğrultusunda gelişerek günümüze ulaşmıştır. Köprüler, yalnızca ulaşım ve geçiş işlevini yerine getiren yapısal elemanlar olmanın ötesinde, inşa edildikleri dönemin sosyo-kültürel, ekonomik ve teknolojik özelliklerini yansıtan somut kültürel miras unsurlarıdır. Medeniyetler arasındaki etkileşimin bir göstergesi olarak, geçmişten günümüze uzanan birer tarihsel belge niteliği taşımaktadırlar. Bu nedenle tarihi köprüler hem yapısal özellikleri hem de kültürel ve tarihsel değerleri bakımından korunması ve bilimsel açıdan detaylı bir şekilde incelenmesi gereken önemli eserlerdir.

Köprüler, akarsular, dereler ve vadiler gibi doğal engellerin aşılması amacıyla inşa edilen; ahşap, kâgir veya demir malzemelerden yapılan, ayaklar ve kemerler üzerine oturtulmuş mühendislik yapılarıdır. Zaman içerisinde teknik gelişmelerin ve estetik kaygıların etkisiyle

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

köprülerin yapısal ve görsel nitelikleri önemli ölçüde gelişmiş ve çeşitlenmiştir. Anadolu, tarihsel süreçte farklı medeniyetlere ev sahipliği yapmış olup, bu nedenle birçok tarihi köprüyü barındıran zengin bir kültürel mirasa sahiptir. Bu köprülerin en belirgin yapısal öğesi, basınç kuvvetine karşı yüksek dayanıklılık sağlayan kemer sistemidir. Kemer yapıları, geniş açıklıkların geçilmesine olanak tanıyan bir mühendislik çözümü olarak, tarihi köprülerin temelini oluşturmakta ve bu köprüler isimlerini de bu yapısal özelliklerinden almaktadır. Dolayısıyla, tarihi köprüler yalnızca teknik birer yapı değil, aynı zamanda dönemlerinin mühendislik birikimini ve estetik anlayışını yansıtan önemli kültürel miras öğeleridir [2].

Köprülerin ana taşıyıcı elemanları, yapısal bütünlüğün temelini oluşturan temeller, tempan duvarları, kemerler ve döşemelerden meydana gelmektedir. Bunun yanı sıra, taşıyıcı elemanlara ek olarak köprülerde mimari ve işlevsel öğelere de rastlanmaktadır. Bu öğeler arasında baba taşı, çörten, korniş, korkuluk, hafifletme gözü, hafifletme odacığı gibi detaylar yer almakta olup, yapının mühendislik performansını desteklemekle birlikte estetik niteliklerini de ön plana çıkarmaktadır. Ayrıca, selyaranlar suyun akış yönünü kontrol ederken, seyir terasları kullanıcılara duraklama ve gözlem imkânı sunmaktadır. Kitabeler ise köprünün tarihsel ve kültürel kimliğini belgeleyen önemli unsurlar olarak değerlendirilmektedir [3].



Görsel 1. Köprü Sisteminin Yapısal Bileşenleri, [4]

Temeller; yapının kendi ağırlığını ve dış etkenlerden kaynaklanan yükleri güvenli bir şekilde zemine aktaran ve yapı ile zemin arasında mekanik bir bağ oluşturan temel taşıyıcı elemanlardır. Temel sisteminin tasarımında ve inşasında, zemin özellikleri ile yapıya etki eden yüklerin büyüklüğü belirleyici faktörlerdir. Bu doğrultuda, yüzeysel ve derin temel tipleri, zemin koşullarına ve yük dağılımına uygun olarak tercih edilmektedir. Güvenli bir temel sistemi oluşturmak amacıyla, temel kazılarının zemin taşıma kapasitesini sağlayacak sağlam bir tabakaya kadar ulaştırılması gereklidir.

Ayaklar; köprünün kemer sisteminin düzgün bir şekilde oturmasını sağlamak amacıyla büyük kolonlar şeklinde tasarlanmış taşıyıcı elemanlardır. Özellikle birden fazla kemere sahip düz köprülerde, orta ayaklar, yapının taşıyıcı kapasitesinde merkezi bir rol

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

oynamaktadır. Sağlam zeminler üzerinde inşa edilmiş köprülerde, orta ayaklar, aşırı su taşkınları gibi doğal olaylar sırasında suyun hareketini yönlendirerek hidrolik işlevleri yerine getirmektedir. Köprünün kenarlarında yer alan yan ayaklar ise, köprünün bitiş noktalarındaki duvarları destekleyerek yapısal stabiliteyi güçlendirmektedir [5]. Ayaklar, köprünün genel taşıma kapasitesinin yanı sıra, yapısal güvenliğini sağlayan önemli elemanlar olarak işlev görmektedir.

Tempan duvarlar; kemer köprülerin taşıyıcı yapı elemanları arasında yer alan taş duvarlardır. Bu duvarlar, köprünün mansap (yukarı akış) ve memba (aşağı akış) kısımlarını birbirinden ayıran işlevsel bir role sahiptir. Ayrıca, çevre taşları üzerine inşa edilerek, köprü gözünü kıyıya bağlayan yapısal elemanlar olarak da görev yapmaktadır. Tempan duvarlar, köprünün stabilitesini sağlamak ve yapı üzerindeki yükleri dağıtarak taşıma kapasitesini artırmak için kritik bir öneme sahiptir.

Kemerler; köprü ayakları üzerinde yer alan ve ayaklar arasındaki boşluğu geçmek amacıyla, yay şeklinde tasarlanmış bir yapısal elemandır. Mimari yapılarda geniş açıklıkların geçilebilmesi için genellikle kemer, kiriş ve lento gibi taşıyıcı elemanlar tercih edilmektedir. Bu bağlamda kemerler, duvarlar ya da iki taşıyıcı ayak arasındaki açıklıkları eğrisel bir formda örtebilmek amacıyla tasarlanmaktadır. Eğrisel yapıları sayesinde, kemerler üzerlerine binen yükleri etkili bir şekilde dağıtarak zemine güvenli bir biçimde aktarabilmektedir [6]. Bu nitelikler, kemerleri hem mimari hem de mühendislik perspektifinden önemli bir taşıyıcı sistem elemanı yapmaktadır.

Korkuluk; köprü tabliyesinin her iki yanında yer alarak geçiş sırasında güvenliği sağlamak amacıyla inşa edilen yapısal elemanlardır. Bu elemanlar, köprünün iki tarafında ve tempan duvarlarının üzerinde yükselerek hem yapısal hem de işlevsel bir görevi yerine getirir.

2.2. Tarihi Köprülerde Kullanılan Malzemeler

Yol yapıları olarak inşa edilen köprülerde, malzeme seçimleri, yapının dayanıklılığı ve işlevselliği üzerinde belirleyici bir etkiye sahiptir. Bu yapılar, taşıma kapasitesini ve dayanıklılığını artırmak için doğru malzemelerle inşa edilmelidir. Sürekli aşınmaya ve çevresel etkilere maruz kalan köprülerin, dayanıklı malzemelerle yapılması kritik bir öneme sahiptir.

Tarihi yapılar, genellikle metalik özelliği olmayan doğal malzemelerle inşa edilmiştir. Bu yapılarda yaygın olarak kullanılan malzemeler arasında tuğla, ahşap ve doğal taş bulunur. Bu malzemeler, yapının taşıma kapasitesini, dayanıklılığını ve estetiğini etkileyen unsurlardır. Ahşap köprüler zamanla, su, yangın ve diğer çevresel etmenlerle daha hızlı bozulmuş, bu yüzden sayıları oldukça azalmıştır. Bu durum, köprülerin inşa malzemelerinin zaman içinde dayanıklılık açısından önemli bir rol oynadığını ortaya koymaktadır.

Tuğla; kil ve suyun harmanlanarak yüksek sıcaklıklarda birleştirilmesiyle elde edilen bir yapı malzemesidir. Tarih boyunca kolay üretilebilir olması ve düşük maliyetli yapısı sayesinde inşaat sektöründe sıklıkla tercih edilmektedir. Tarihi süreçte, ilk çağlarda tuğla üretimi kerpiç malzemesinin güneş ışığı altında kurutulması yöntemiyle gerçekleştirilmiştir.

Ancak bu yöntemle üretilen tuğlaların yağmur suyuna karşı dayanıklılığının düşük olması, pişirme tekniğine geçişi zorunlu kılmıştır. Günümüzde tuğlalar, dayanıklılıklarını artırmak amacıyla 1000°C'ye kadar çıkan sıcaklıklarda pişirilmektedir. Tuğla üretiminde ana malzeme olarak kil kullanılmakta olup, dayanım özellikleri pişirme süresi ve içerdikleri boşluk oranıyla doğrudan ilişkilidir [7]. Tuğlaların ihtiyaç duyulan boyutlarda kolaylıkla üretilebilmesi, onları yapı malzemesi olarak daha cazip hale getirmektedir.

Basınç Dayanımı (Mpa)	Kayma Dayanımı (Mpa)	Çekme Dayanımı (Mpa)
10-30	10-20	2.7-5

Görsel 2. Tuğlaların Nitelikleri, [8]

Ahşap; geçmişten günümüze, yapı malzemesi olarak tercih edilen ve doğal özellikleriyle öne çıkan bir bileşiktir. Kolay temin edilebilmesi, hafifliği ve işlenebilirliği, ahşabın inşaat süreçlerinde sıkça kullanılmasını sağlamıştır. Yüksek çekme ve basınç dayanımına sahip olan ahşap, özellikle taş malzeme ile geçilemeyen geniş açıklıkların aşılmasında etkin bir çözüm sunmuştur.

Fiziksel hafifliği ve kolay işlenebilirliği sayesinde, ahşap büyük açıklıkların geçilmesinde önemli bir yere sahiptir. Yığma kâgir yapılarda döşeme ve tavan sistemlerinde taşıyıcı bir malzeme olarak kullanılan ahşap, eğilme ve çekme dayanımı yüksek olduğu için duvar yapılarında da tercih edilmiştir [9]. Bu özellikleri, ahşabın tarihsel yapılarda vazgeçilmez bir yapı elemanı olmasını sağlamıştır.

Dayanım Türü	Liflere olan yönü	I.Sınıf (Mpa)		II.Sınıf (Mpa)		III.Sınıf (Mpa)		Elastisite Modülü (Gpa)	
		Çam	Kayın (Meşe)	Çam	Kayın (Meşe)	Çam	Kayın (Meşe)	Çam	Kayın (Meşe)
Çekme	Paralel	-	-	8.5	10.0	10.5	11.0	1.0	12.5
Basınç	Paralel	6.0	7.0	8.5	10.0	11.0	12.0	1.0	12.5
Basınç	Dik	2.0	3.0	2.0	3.0	2.0	3.0	0.3	0.6

Görsel 3. Ahşabın Teknik Nitelikleri, [10]

Doğal taş; tarihteki en eski ve en yaygın biçimde kullanılan yapı malzemelerinden biri olarak kabul edilip, dayanıklılığı ve doğadan kolayca temin edilebilmesi gibi avantajlarla erken dönemlerden itibaren tercih edilmiştir. Taş malzemelerinin yapısal özellikleri, özellikle basınç dayanımının yüksek olması nedeniyle, genellikle kubbe, tonoz ve kemer gibi yapılar için ideal hale getirmiştir. Ancak taşların çekme dayanımı düşük olduğundan, bu malzemeler basınca maruz kalan elemanlar için daha uygun olmuştur. Bu sebeple, kemerler gibi yapısal elemanlar, üzerlerindeki yükü verimli bir şekilde zemine iletmek amacıyla taş malzemesi kullanılarak inşa edilmiştir [11].

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

Tarihi yapılarda kullanılan taş malzemeler genellikle metamorfik, tortul ve magmatik kayaçlardan oluşmaktadır. Bu tür taşlar, işlenebilirlikleri ve dayanıklılıkları nedeniyle tarihsel yapılarda tercih edilmiştir. Özellikle granit, andezit ve bazalt gibi magmatik kayaçlar ile kalker, kum taşı ve traverten gibi tortul kayaçlar, tarihi yapılar için yaygın olarak kullanılmıştır. Bu taşlar, dış etkenlere karşı gösterdikleri dayanıklılık ve uzun ömürlülükleriyle dikkat çekmektedir [12].

Doğal taşların uzun süreli kullanımına rağmen zamanla bozulma, aşınma ve çatlama gibi olumsuz etkiler gözlemlenebilmektedir. Bu nedenle, taşların dayanıklılık özelliklerinin yapısal bütünlük açısından düzenli olarak değerlendirilmesi, tarihi yapılar için önemli bir gerekliliktir [11]. Bu bağlamda, taş malzemesinin yapısal performansı hem estetik hem de fonksiyonel açıdan tarihi yapıların sürdürülebilirliğini sağlamada kritik bir rol oynamaktadır.

Taşın Cinsi	Elastite Modülü KPa	Basınç Dayanımı KPa	Çekme Dayanımı KPa
Kireç Taşı	$10x10^6$-$55x10^6$	18000-35000	2000-6000
Kum Taşı	$13x10^6$-$50x10^6$	5000-30000	2000-4000
Kuvars	$15x10^6$-$55x10^6$	10000-30000	3000-4000
Granit	$30x10^6$-$55x10^6$	30000-70000	4000-7000
Mermer	$25x10^6$-$70x10^6$	25000-65000	1000-15000

Görsel 4. Doğal Taşların Nitelikleri, [8]

Harçlar; Yapı elemanlarının bir bütün olarak çalışmasını sağlayan harçlar, bağlayıcı ve dolgu malzemelerinin belirli oranlarda karıştırılıp su eklenmesiyle elde edilen önemli yapı malzemeleridir. Bağlayıcı bir malzeme ile suyun uygun miktarlarda karıştırılmasıyla oluşan bu malzemeler, yapı elemanlarının bir arada tutularak dayanıklılığın artırılmasında kritik bir rol oynar. Ünay'a göre harçlar, yapı elemanlarının bir bütünlük içinde işlev görmesini sağladıkları için yapı sektöründe vazgeçilmez bir öneme sahiptir [13].

Tarihi yapılarda dayanıklılığı artırmak amacıyla, bağlayıcılar ve agreganın yanı sıra puzolanik katkı maddelerinin kullanımı oldukça yaygındır. Bu katkı maddeleri, doğal ya da sentetik kaynaklardan temin edilebilir. Doğal puzolanların kullanıldığı harçlar "puzolanik harç" olarak adlandırılırken, yapay puzolanların (örneğin seramik ve tuğla kırığı) yer aldığı harçlar farklı kültürlerde özel isimler almıştır. Oğuz'un belirttiği üzere, Roma ve Bizans döneminde bu tür harçlar "Roman harcı" olarak adlandırılırken, Selçuklu ve Osmanlı dönemlerinde "Horasan harcı" olarak isimlendirilmiştir. Horasan harcı adını, rengi ve dokusunun horasan toprağına benzemesinden almıştır [14].

Sıva; yapı elemanlarının çevresel etkilerden korunmasını sağlamak ve yüzeye estetik bir görünüm kazandırmak amacıyla kullanılan bir kaplama malzemesidir. Aynı zamanda, ısı ve su yalıtımı gibi işlevleri desteklemek için de tercih edilmektedir. Yüksek yapışkanlık özelliği sayesinde, uygulandığı yüzeyle uygun bir uyum sağladığında uzun süre boyunca dayanıklılığını muhafaza edebilir [4].

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

Katkı Maddeleri; harçların fiziksel ve kimyasal özelliklerini geliştirmek amacıyla tarih boyunca çeşitli organik ve inorganik maddeler kullanılmıştır. Priz süresini kısaltmak için yumurta akı, süt ve domuz yağı; su yalıtımını artırmak için keten tohumu yağı, arap sabunu ve hayvansal yapıştırıcılar; dayanıklılığı güçlendirmek için ise incir sütü, keten lifi ve hayvan kılları gibi malzemeler tercih edilmiştir. Kullanılan maddelerin seçimi, genellikle dönemin çevresel koşulları ve yerel kaynakların erişilebilirliği ile şekillenmiştir [15-16].

Agrega; Agrega, kum ve çakıl veya kırma taş karışımından oluşan taneli bir malzemedir. Şekil olarak iri, küçük, kübik, iğne veya küresel formda bulunabilir. Agregalar, kireçle reaksiyona girip puzolanik özellik gösteren (silikatlar ve alüminatlardan oluşan) ve girmeyen (etkisiz) olarak sınıflandırılabilir. Puzolanik agregalar, harçların her ortamda kurumasını ve sertleşmesini sağlayan asidik özelliklere sahip malzemelerdir. Yapılarındaki mineraller, ana kayaçlarının özelliklerini yansıtır.

3. TARİHİ KÖPRÜLERİN KORUNMASI VE RESTORASYONUNUN GENEL ÇERÇEVESİ

3.1. Tarihi Köprülerin Korunmasının ve Restorasyonunun Temel İlkeleri

Tarihi köprüler, mühendislik bilgisi, estetik anlayışı ve toplumsal yapıları yansıtan önemli kültürel miraslardır. Bu yapılar, yalnızca dönemin teknolojisini değil, aynı zamanda o dönemin ekonomik, toplumsal ve kültürel dinamiklerini de ortaya koyar. Yerel kimliğin şekillenmesinde merkezi bir rol oynayan tarihi köprüler, aynı zamanda mühendislik ve inşaat tekniklerine dair önemli veriler sunar. Zamanla doğal aşınma, iklimsel değişiklikler veya insani müdahaleler sonucu hasar görebilen bu yapılar, restorasyon süreçlerine tabi tutulur. Restorasyon, yalnızca yapının fiziksel bütünlüğünü sağlamakla kalmaz, aynı zamanda taşıdıkları kültürel ve tarihsel değerlerin korunmasına yönelik bir çaba olarak, geleceğe aktarılmasını hedefler.

Türkiye'deki restorasyon uygulamaları, belirli prensipler ve yöntemler doğrultusunda gerçekleştirilmektedir. Bu sürecin standartları, Türk Mühendis ve Mimar Odaları Birliği (TMMOB) tarafından yayımlanan "Taşınmaz Kültür Varlıklarının Rölöve, Restitüsyon ve Restorasyon Projelerine Yönelik Teknik Şartname" ile belirlenmektedir. Bu şartname, restorasyon projelerinde uygulanan ilkeleri, yöntemleri ve gerekli teknikleri belirler ve restorasyon süreçlerinin sadece mühendislik açısından değil, kültürel bir sorumluluk olarak da ele alınması gerektiğini vurgular.

Restorasyon sürecinin başarısı, yalnızca mühendislik ve inşaat tekniklerinin uygulanması ile değil, aynı zamanda yapının tarihsel kimliğini, kültürel değerlerini ve özgün niteliklerini koruyacak şekilde müdahalelerde bulunulması ile mümkündür. Bu bağlamda, restorasyon projelerinde dikkate alınması gereken temel ilkeler şunlardır:

a) Kültür varlıklarının korunmasındaki amaç, onları yalnızca bir sanat eseri olarak değil, aynı zamanda bir tarihsel belge olarak da muhafaza etmektir. Bu çerçevede, restorasyon müdahalelerinin, yapının içinde bulunduğu dönemin sosyal, kültürel ve ekonomik yapısını yansıttığı göz önünde bulundurulmalıdır.

b) Yapının, günümüzdeki sosyo-kültürel kimliğini belirleyen mekânsal, biçimsel ve yapısal niteliklerinin yanı sıra, çevresindeki özgün yerleşim düzeninin de korunması gerekmektedir.

c) Yapının işlev değiştirilmesi gerektiğinde, bu yeni kullanımın özgün değerlerine zarar vermemesi, mevcut nitelikleriyle uyumlu olacak şekilde tasarlanması gerekmektedir.

d) Restorasyon çalışmaları, mevcut yapının geçmişteki durumu ve yapı malzemeleri hakkında varsayımlar yerine, somut verilere dayanarak yapılmalıdır.

e) Yapının korunması için yapılacak müdahaleler, özgün yapıyı bozmayan, ancak teknik açıdan modern gereksinimlere uygun çözümlerle gerçekleştirilmelidir.

f) Farklı dönemlerde eklenen yapı bileşenleri, o dönemlerin mühendislik bilgisi ve yaşam tarzını yansıttığı için korunmalı ve kaybolmamalıdır.

g) Bir dönemin ortaya çıkarılması amacıyla, diğer dönemlerin izlerini yok etmekten kaçınılmalı, her dönemin izleri korunarak tarihi yapının çeşitliliği sağlanmalıdır.

h) Restorasyon projesi yalnızca yapısal sağlamlaştırma ile sınırlı kalmamalı, tarihi yapının yeniden işlevlendirilmesine yönelik çözümler de içermelidir. Bu süreçte, yeni işlevlerin yapının özgün kütlesel ve mekânsal özelliklerini bozmadan tasarlanması gerekmektedir.

i) Yeni işlev verilen yapılarda, çağdaş ihtiyaçları karşılayacak servis alanlarının düzenlenmesi, yapının deprem güvenliği, yangın önlemleri ve erişilebilirlik gibi unsurlar proje aşamasında titizlikle ele alınmalıdır.

Bu ilkeler doğrultusunda gerçekleştirilen restorasyon çalışmaları, tarihi köprülerin fiziksel yapılarının yanı sıra, kültürel ve estetik değerlerinin de korunmasına olanak tanır. Tarihi köprülerin korunması, sadece mühendislik perspektifinden ele alınmamalı, aynı zamanda bir kültürel sorumluluk olarak değerlendirilmelidir. Restorasyon süreçlerinde, özgün yapının tarihsel kimliğini ve özelliklerini zedelememek adına titiz bir yaklaşım benimsenmelidir. Bu bağlamda, restorasyon müdahaleleri, köprünün yapısal bütünlüğünü ve kültürel değerlerini koruyacak şekilde, yapının orijinal niteliklerine saygı gösterilerek gerçekleştirilmelidir. Tarihi köprülerin korunması, yalnızca geçmişin izlerini bugüne taşımakla kalmaz, aynı zamanda toplumların kültürel mirasını yaşatmak ve gelecek nesillere aktarmak açısından kritik bir öneme sahiptir. Bu süreç, kültürel sürekliliği sağlamak ve toplumların kimliklerini korumak için vazgeçilmez bir araçtır.

3.2. Tarihi Köprülerin Koruma Yöntemleri ve Restorasyon Teknikleri

Tarihi köprülerin korunmasında temel yaklaşım, diğer tarihi yapıların korunmasında olduğu gibi, yapının sürekliliğini ve bütünlüğünü sağlamak amacıyla düzenli bakım, izleme ve değerlendirme faaliyetlerinin etkin bir şekilde yürütülmesidir. Tarihi yapılar, özellikle köprüler, düzenli bakım ve koruma çalışmaları sayesinde sürdürülebilir bir şekilde korunabilir. Restorasyon süreçlerinden önce gerçekleştirilen detaylı analiz ve belgeleme çalışmaları, yapının mevcut durumunun kapsamlı bir şekilde anlaşılmasına olanak tanır. Restorasyonun temel ilkelerinden biri, olabildiğince az müdahaleyle, köprünün özgün

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

kimliğinin ve yapısal bütünlüğünün korunmasıdır. Restorasyon sürecinde genellikle birden fazla teknik bir arada uygulanmakla birlikte, temel prensip, yapıya mümkün olduğunca az müdahalede bulunarak, onun hem tarihi belgeler olarak taşıdığı anlamı hem de estetik değerlerini muhafaza etmektir.

Yapılacak müdahalelerin derecesi, küçük ölçekli sağlamlaştırma işlemlerinden başlayarak, yeniden yapılandırmaya kadar geniş bir yelpazede değerlendirilir. Ancak koruma açısından en ideal yaklaşım, yapıların yalnızca sağlamlaştırılarak güvence altına alınmasıdır. Bu doğrultuda, hasarların temel nedenlerini ortadan kaldırmaya veya etkilerini azaltmaya yönelik olarak geliştirilen koruma teknikleri, Türk Mühendis ve Mimar Odaları Birliği tarafından yayımlanan teknik şartnamede detaylandırılmıştır [17].

a) Sağlamlaştırma: Tarihi yapıların mevcut yapısal stabilitesini artırmaya yönelik müdahaleleri kapsamaktadır. Bu yöntemde, taşıyıcı sistemlerin güçlendirilmesi, çemberleme uygulamaları, bağlantı elemanlarının eklenmesi ve gergi sistemlerinin kullanılması gibi teknik çözümler öne çıkmaktadır. Sağlamlaştırma işlemleri, yapının özgün mimari ve malzeme özelliklerine zarar vermeden, mevcut sorunları giderme ilkesine dayanmaktadır.

b) Bütünleme: Tarihi yapıların eksik veya tahrip olmuş bölümlerinin, belgelenmiş özgün tasarımlarına sadık kalınarak tamamlanması işlemidir. Geleneksel veya çağdaş malzemelerin kullanılabileceği bu yöntem, yalnızca bilimsel verilere ve tarihsel belgelere dayandırıldığı takdirde uygulanabilir bir restorasyon tekniği olarak kabul edilmektedir.

c) Yenileme: Tarihi yapıların işlevlerini yitirdiği veya çağdaş gereksinimlere yanıt veremez hale geldiği durumlarda, bu yapıların yeni bir işleve uyarlanması ya da mevcut işlevlerinin modern standartlara uygun şekilde güncellenmesi sürecidir. Yenileme çalışmaları, yapının özgün kimliğini ve estetik niteliklerini koruma sorumluluğunu da beraberinde getirmektedir.

d) Yeniden Yapım: Tamamen yıkılmış, kaybolmuş ya da onarılamayacak kadar hasar görmüş kültürel miras öğelerinin, mevcut belgeler ve bilimsel çalışmalar ışığında yeniden inşa edilmesi işlemidir. Ancak, yeniden yapım yalnızca zorunlu durumlarda başvurulan bir uygulama olup, istisnai bir çözüm olarak değerlendirilmektedir.

e) Temizleme: Tarihi yapının veya alanın bütüncül estetik değerini bozan, tarihsel ve kültürel anlam taşımayan eklerin veya müdahalelerin yapının özgün kimliğine zarar vermeyecek şekilde kaldırılmasını içermektedir. Bu işlem, tarihi yapının özgün niteliklerini daha görünür hale getirmek amacıyla gerçekleştirilmektedir.

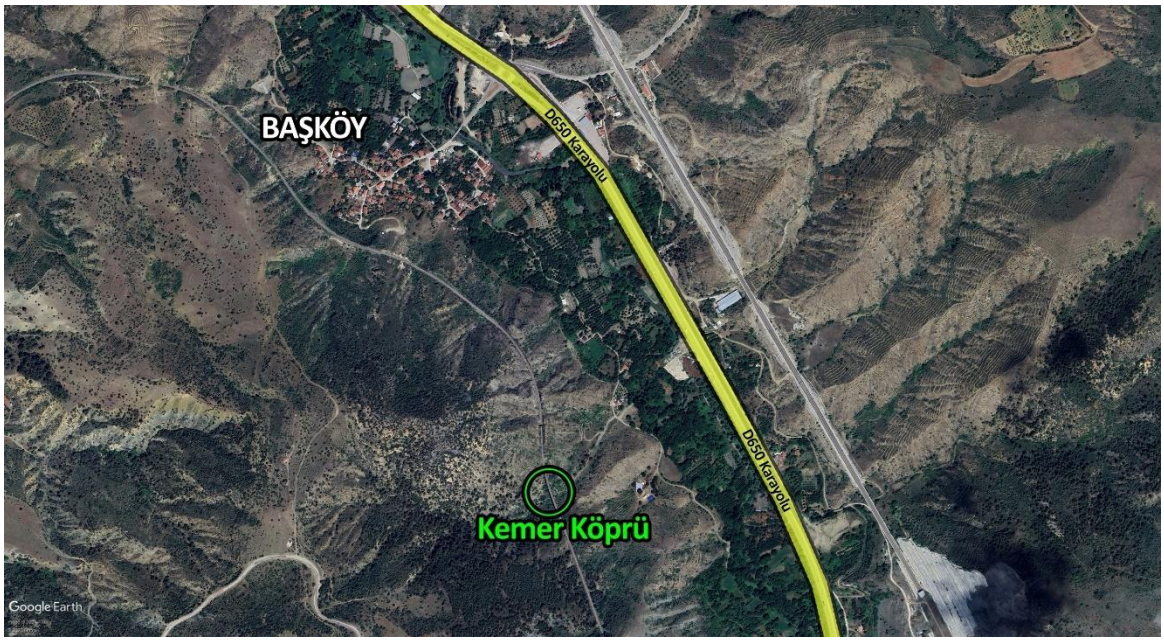
f) Taşıma: Tarihi yapıların korunmasında temel ilke, yapıların bulunduğu yerinde korunmasıdır. Ancak, jeolojik tehditler, doğal afetler veya kamu yararını gerektiren olağanüstü durumlar, yapıların taşınmasını zorunlu kılabilir. Bu durumda, yapı uygun bir alana nakledilerek, fiziksel ve kültürel bütünlüğün korunması hedeflenmektedir.

4. BİLECİK-BAŞKÖY, KEMER KÖPRÜ ÖRNEĞİ

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

4.1. Bilecik-Başköy, Kemer Köprü'nün Tarihi ve Mimari Özellikleri

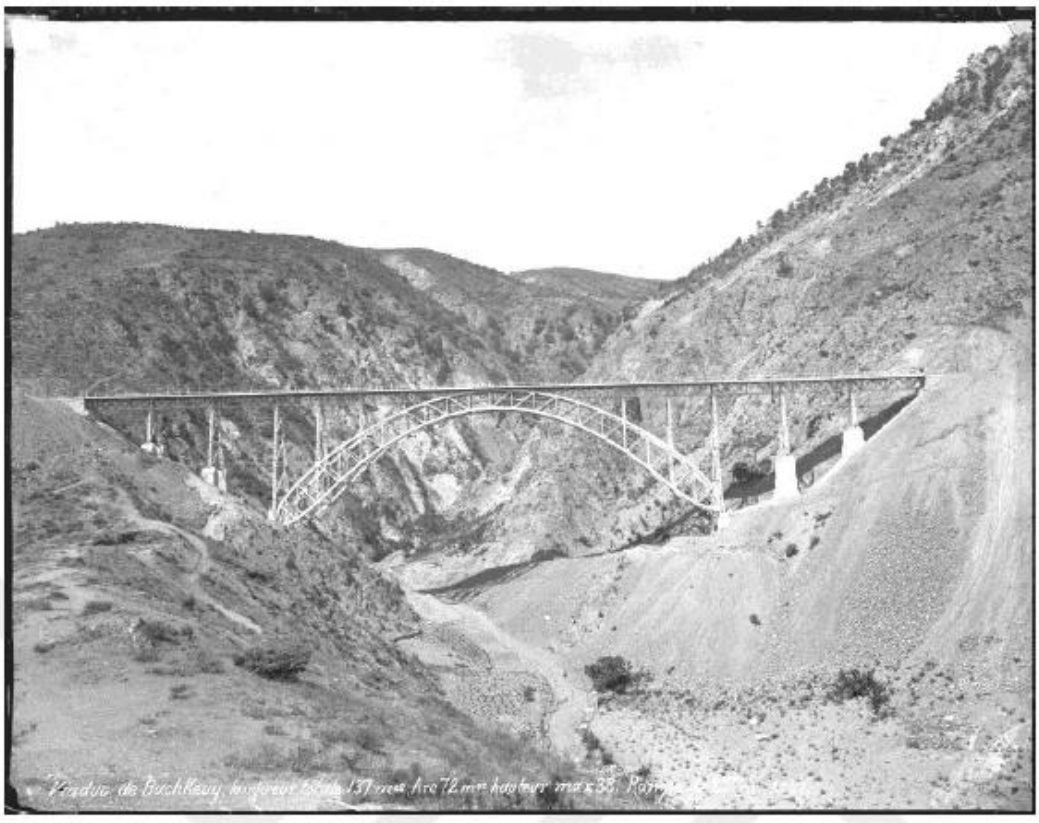
Osmanlı döneminde "Hoca Ömer" adıyla bilinen Başköy, tarihsel kayıtlarda Bilecik'in Küplü nahiyesine bağlı bir yerleşim birimi olarak geçmektedir (Turğut, 2015, s. 232). Başköy, 1847 yılından itibaren günümüzdeki adını koruyarak varlığını sürdürmüştür. Günümüzde Bilecik'in Merkez ilçesi sınırlarında yer alan bu köyün yakınlarında bulunan ve halk arasında "Başköy Tren Köprüsü" olarak anılan Bilecik-Başköy Kemer Köprü, erken Cumhuriyet dönemine ait mühendislik ve mimarlık başarılarının dikkat çekici bir örneği olarak değerlendirilmektedir.



Görsel 5. Kemer Köprü Yeri

Köprünün ilk inşa edilen hali, kemerli bir demir köprü niteliği taşımaktadır. Yerden yaklaşık 40 metre yükseklikte ve 105 metreyi aşan serbest açıklığa sahip olması, yapının dönemin mühendislik kapasitesini ve estetik anlayışını başarılı bir şekilde yansıttığını göstermektedir.

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



Görsel 6. Başköy Demiryolu Köprüsü'nün Görüntüsü [18]

Başköy Köprüsü'nün tarihi önemi, özellikle Milli Mücadele döneminde yaşanan olaylarla daha da belirginleşmektedir. Bölge halkı, köprünün Milli Mücadele sırasında patlatıldığına dair anılarını günümüze taşımaktadır. Yapının patlatılmadan önceki hali incelendiğinde, Başköy Köprüsü'nün Anadolu Demiryolu hattı inşası kapsamında, söz konusu vadide 70 metre açıklığında, kavisli bir kemer yapısı ve birkaç onar metre uzunluğunda müstakim başlıklı bir demir köprü olarak inşa edildiği anlaşılmaktadır. Başköy Köprüsü'nün Milli Mücadele esnasında dinamitle tahrip edilmesi olayı, 10 Ocak 1921 tarihli kayıtlarda yer almaktadır. Türk İstihkâm Birlikleri tarafından, Karaköy-Bilecik hattındaki üç büyük köprünün tahrip edildiği vurgulanmıştır [19].

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



Görsel 7. Başköy Köprüsü'nde Yaşanan Patlamanın Görseli [18]

4.2. Bilecik-Başköy, Kemer Köprü'nün Onarım ve Restorasyon Süreçleri

Milli Mücadele sonrasında, Ankara Hükümeti'nin Anadolu Demiryolları Müdürlüğü tarafından, belirtilen geçit üzerinde altı katlı ahşap bir köprü inşa edilmiştir. İnşaat süreci yaklaşık yedi ay sürmüş ve köprü, 7 Haziran 1923 tarihinde demiryolu taşımacılığına hizmet vermeye başlamıştır. Ancak köprünün ahşap malzemeden yapılmış olması, özellikle yangın riski ve malzemenin kısa ömürlü olması gibi sebeplerle yapısal açıdan yetersizliklere yol açmıştır. Bu durum, daha dayanıklı bir köprünün inşa edilmesi gerekliliğini gündeme getirmiştir.

Yeni köprü yapımına ilişkin planlamalarda, o dönemin ekonomik koşulları dikkate alınmış ve inşaatta kullanılacak malzemelerin yerel kaynaklardan temin edilmesine karar verilmiştir. Bu kapsamda, taş ve kireç gibi malzemeler kullanılarak kâgir bir köprü inşa edilmesi planlanmıştır. İlgili inşaat ihalesine, Haydar ve ekibiyle birlikte başka bir firma da iştirak etmiştir ve proje için 20.000 liralık bir bütçe tahsis edilmiş olup, ihale sonucunda 7 Haziran 1924 tarihinde Haydar ve Şürekâsı firması ile bir sözleşme imzalanmıştır. Bu sözleşme ile köprünün yapımına başlanmıştır [18].

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



Görsel 8. Bilecik-Başköy, Kemer Köprü

Kurtuluş Savaşı sonrasında, Anadolu-Bağdat Demiryolları Genel Müdürlüğü tarafından yaptırılan ilk köprü olması nedeniyle bu proje, dönemin mühendislik uygulamaları ve altyapı projeleri açısından büyük bir öneme sahiptir. Tasarlanan yeni köprü, her biri 15 metre açıklığa sahip yedi kemerden oluşacak şekilde planlanmıştır. Başköy'deki eski demir köprünün kalıntıları kaldırıldıktan sonra, varyantların hafriyatından çıkan toprak, vadinin eğimini doldurarak köprü alanında önemli miktarda dolgu oluşturmuştur. Bu durum, zeminin dayanıklılığını değerlendirmek amacıyla sondaj çalışmaları yapılmasını gerektirmiştir. Yapılan sondaj sonucunda, sağlam zemin seviyesinin yüzeyin yaklaşık 4-5 metre altında bulunduğu tespit edilmiştir.

1925 yılının Mart ayında hava koşullarının elverişli hale gelmesiyle birlikte inşaat faaliyetleri yeniden başlamıştır. Bölgenin gevşek ve akışkan arazi yapısı, temel kazıları sırasında ciddi teknik zorluklara neden olmuştur. Eski demir köprüden kalan enkaz da temellerin çevresinde bulunmuş ve kazı işlemlerini daha karmaşık hale getirmiştir. Bu zorluklara rağmen, kereste kullanımını optimize etmek amacıyla her bir temel ayağı 5-6 bölüme ayrılmış ve sağlam zemin seviyesine ulaşıldıktan sonra kâgir temel inşasına başlanmıştır.

Temel ayaklarının inşasının ardından, köprünün kemer yapıları için çalışmalara geçilmiştir. Kemer kalburları güvenli bir şekilde inşa edilebilmesi için, ayakların üzerine işçilerin çalışabilmesi amacıyla bir platform yerleştirilmiştir. Her bir kemer için üç demir kiriş kullanılarak yapının güçlendirilmesi sağlanmıştır. Ayrıca, inşaat süreci boyunca, yapının üst kısmına kadar ulaşan bir iskele kurulmuş ve bu iskele aracılığıyla malzeme taşınması

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

sağlanmıştır. Kemerlerin kalıpları, yaklaşık 15 gün süreyle bırakıldıktan sonra sökülmüştür. İnşaatın tamamlanmasının ardından, 2 Aralık 1926'da köprü, demiryolu taşımacılığına açılmıştır.

4.3. Bilecik-Başköy Kemer Köprüsünün Gelecekteki Koruma Stratejileri

Bilecik-Başköy Kemer Köprü'nün korunmasına yönelik gelecekteki stratejiler, hem yapısal bütünlüğün sürdürülebilir şekilde muhafaza edilmesini hem de kültürel miras değerlerinin korunarak topluma kazandırılmasını esas almalıdır. Bu kapsamda, köprünün düzenli izleme, bakım ve restorasyon süreçlerine dahil edilmesi, yapının maruz kalabileceği çevresel etkiler ve yapısal yıpranmaların erken tespit edilmesi açısından kritik öneme sahiptir. Özellikle kemer sistemi, temeller ve taşıyıcı elemanların periyodik analiz ve dayanıklılık testlerine tabi tutulması, köprünün fiziki ömrünün uzatılması açısından hayati bir gerekliliktir.

Gelecekte uygulanacak koruma stratejilerinde, modern mühendislik yöntemlerinin ve teknolojik yeniliklerin kullanımı, köprünün tarihi kimliğini ve özgün yapısal özelliklerini bozmadan dayanıklılığını artıracak bir yaklaşım olarak değerlendirilmektedir. Örneğin, taş yüzeylerin mikrohasar analizleri, nem ve tuz etkilerine karşı koruyucu malzeme uygulamaları ve zemin stabilizasyonuna yönelik jeoteknik müdahaleler gibi yöntemler, yapısal dayanıklılığın artırılmasına katkı sağlayacaktır. Ayrıca, doğal afetler ve iklim değişikliği kaynaklı risklerin azaltılmasına yönelik stratejiler geliştirilerek köprünün çevresel tehditlere karşı dirençli hale getirilmesi sağlanmalıdır.

Kültürel mirasın korunmasında toplum bilinci oluşturmak önemli bir diğer unsurdur. Köprünün tarihsel ve mimari özelliklerinin yerel halk ve akademik çevreler için bir eğitim ve araştırma kaynağı olarak değerlendirilmesi, toplumsal farkındalığın artırılmasına katkı sağlayabilir. Köprünün tarihi ve kültürel değerinin anlaşılması, korunma sürecine toplumsal bir katılımı teşvik eder. Bu bağlamda, köprüyle ilgili eğitim ve farkındalık çalışmaları yapılmalı, yerel yönetimler ve sivil toplum kuruluşlarıyla iş birliği yapılmalıdır. Uzun vadeli koruma için, köprünün düzenli olarak denetlenmesi, bakım ve onarım ihtiyaçlarının belirlenmesi ve bu ihtiyaçlara yönelik planlı bir kaynak yönetimi oluşturulması gereklidir. Bilecik-Başköy Kemer Köprüsü'nün gelecekteki korunması, bu stratejilerin bir araya gelmesiyle, köprünün hem yapısal hem de kültürel değerinin korunmasına ve gelecek nesillere aktarılmasına olanak tanıyacaktır.

5. DEĞERLENDİRME VE SONUÇLAR

Bu çalışma, tarihi köprülerin yapısal ve kültürel özelliklerinin korunması bağlamında önemli bir örnek teşkil eden Bilecik Başköy Kemer Köprü'yü incelemiştir. Tarihi köprüler, inşa edildikleri dönemin mühendislik ve estetik anlayışını yansıtmakla kalmayıp, aynı zamanda sosyal, ekonomik ve kültürel bağlamlarına ışık tutan somut kültürel miras unsurlarıdır. Bu bağlamda, Kemer Köprü'nün analizi hem yapısal özelliklerinin hem de tarihi süreç içerisindeki rolünün derinlemesine incelenmesi açısından önemli bir zemin oluşturmuştur.

Araştırmanın bulguları, tarihi köprülerin restorasyon ve koruma süreçlerinde özgün malzeme ve tekniklerin kullanımının gerekliliğini açıkça ortaya koymaktadır. Bununla

birlikte, modern mühendislik yöntemlerinin entegre edilmesi, köprülerin yapısal dayanıklılığını artırmak ve sürdürülebilirlik ilkeleri doğrultusunda gelecek nesillere aktarılmasını sağlamak için kritik bir yaklaşım olarak değerlendirilmiştir. Çalışmada, Başköy Kemer Köprü'nün yeniden inşa ve onarım süreçlerinde uygulanan tekniklerin, döneminin ekonomik ve teknik koşullarıyla uyumlu olarak geliştirildiği ve bu süreçlerin yapının özgün kimliğini koruma hedefine hizmet ettiği sonucuna varılmıştır.

Sonuç olarak, tarihi köprülerin korunması, sadece mühendislik perspektifinden değil, aynı zamanda kültürel süreklilik ve toplumsal bellek açısından da ele alınmalıdır. Bu doğrultuda, Başköy Kemer Köprü gibi yapılar üzerinde gerçekleştirilen kapsamlı analizler ve öneriler, diğer tarihi yapıların korunması ve yaşatılması için örnek teşkil edebilecek metodolojik yaklaşımlar sunmaktadır. Tarihi köprülerin korunmasına yönelik sürdürülebilir ve bilimsel temelli müdahaleler, kültürel mirasın gelecek kuşaklara aktarılmasında vazgeçilmez bir role sahiptir.

KAYNAKÇA

[1] Hökelekli, E., & Yılmaz B., Effect of Cohesive Contact of Backfill with Arch and Spandrel Walls of a Historical Masonry Arch Bridge on Seismic Response, Periodica Polytechnica Civil Engineering, 63(3), 926–937, 2019.

[2] Toker, S., & Ünay, A., Mathematical modeling and finite element analysis of masonry arch bridges, Gazi University Journal of Science, 17(2), 129-139, 2004.

[3] Sert, H., Partal E., Demirci, H., Avşin., A., & Yılmaz, S., *Tarihi Köprüler Proje ve Uygulama İhaleleri*, Karayolları Genel Müdürlüğü Yayınları, Ankara, 2009.

[4] Özmen, A., *Yakın ve Uzak Fay Hareketlerine Maruz Tarihi Yığma Bir Köprünün Sismik Performansının Değerlendirilmesi*, Yüksek Lisans Tezi, Fırat Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Elâzığ, 2019.

[5] İlter, F. *Osmanlılara kadar Anadolu Türk Köprüleri,* Ankara: Karayolları Genel Müdürlüğü Yayınları, 33-45, Ankara, 1978.

[6] Akın, K., *Tarihi Yığma Köprülerin Farklı Sönüm Oranları Altında Sismik Tepkisinin Değerlendirilmesi,* Yüksek Lisans Tezi, Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Elâzığ, 2020.

[7] Türkçü, Ç., *Yapım; Malzemeler, İlkeler, Çözümler, Yöntemler,* Birsen Yayınevi, İstanbul, 2000.

[8] Yılmaz, P., *Tarihi Yapıların Modellenmesi ve Deprem Güvenliklerinin Belirlenmesi*, Yüksek Lisans Tezi, Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Sakarya, 2006.

[9] Özkaya, S. G., *Yığma Köprülerin Deprem Davranışlarının Doğrusal Olmayan Statik Yöntemlerle Tahmini*, Doktora Tezi, Erzurum Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Erzurum, 2019.

[10] Tetik, T., *Tarihi Yığma Yapıların Deprem Performansı ve Güçlendirme Teknikleri*, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Deprem Mühendisliği ve Afet Yönetimi Enstitüsü, İstanbul, 2015.

[11] Ünay, A.İ., Tarihi Yapıların Depreme Dayanımı*, ODTÜ Yayınları*, Ankara, 2002.

[12] Dabanlı, Ö., *Tarihi Yığma Yapıların Deprem Performansının Belirlenmesi,* Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul, 2008.

[13] Ünay, A., İ., *A Method for the Evaluation of the Ultimate Safety of Historical Masonry Structures,* Doktora Tezi, Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 1997.

[14] Oğuz, C., *Myra ve Limanı Andriake'de Kullanılan Özgün Malzeme Özelliklerinin Araştırılması,* Doktora Tezi, Akdeniz Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Antalya, 2013.

[15] Tekin, Ç., ve Kurugöl, S., *Çeşitli Organik Katkıların Kirecin Karbonizasyonu Üzerindeki Etkisi*, Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi, 4, 717-728, Ankara, 2012.

[16] Böke, H., Akkurt, S., ve İpekoğlu, B., *Tarihi Yapılarda Kullanılan Horasan Harcı ve Sıvaların Özellikleri,* Yapı Dergisi, 69, 90-95, 2004.

[17] TMMOB, Taşınmaz Kültür Varlıklarının Rölöve, Restitüsyon ve Restorasyon Projelerine İlişkin Teknik Şartname, 31-42, 28.12.2011.

[18] Çetin, M. C., *Ertuğrul Sancağında Demiryolu İnşa Faaliyetleri***,** Yüksek Lisans Tezi, Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, 2020.

[19] Gürel, Z., *Kurtuluş Savaşında Demiryolculuk*, Türk Tarih Kurumu Basımevi, 1989.

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

TRAVNİK ŞEHRİNİN MİMARİ MİRASININ İNCELENMESİ
ANALYSIS OF THE ARCHITECTURAL HERITAGE OF THE CITY OF TRAVNIK

Dr. Öğr. Üyesi Serdar KASAP[1]
Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi,
serdar.kasap@bilecik.edu.tr - 0000-0002-7847-3284

Doç. Dr. Parisa GÜNEŞ[2]
Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi,
parisa.goker@bilecik.edu.tr - 0000-0001-8876-2621

Arş. Gör. Adive Begül BULUT[3]
Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi,
begul.bulut@bilecik.edu.tr - 0000-0002-0135-1780

ÖZET

İnsanlığın ortak değeri olarak kabul edilen, günümüze kadar özgün nitelikleri bozulmamış olarak ulaşmış ve geleceğe aktarılması gereken en önemli kavramlardan biri de mimari miras kavramıdır. Mimari miras, toplumların tarihi, kültürel, sosyal, dini, siyasi, ekonomik vb. pek çok özelliğini içerisinde barındırarak bunlardan izler taşımaktadır. Bu sebeple mimari mirasın incelenmesi ve değerlendirilmesi sadece estetik ve sanatsal değerlere bağlı kalarak değil, toplumun kendisine de ışık tutabilecek şekilde yapılmalıdır. Her toplum bulunduğu coğrafya, gelenek ve kültürü neticesinde kendi mimari anlayış ve tarzını oluşturmuştur. Her mimari eser kendinden önceki dönemlerden beslenerek gelişen kültürel ve sanatsal anlayışın izlerini taşımaktadır.

Çalışma kapsamında; Travnik şehrinin mimari mirasının geçmişteki işlev ve amacı, mevcut durumu detaylı olarak incelenerek; şehrin tarihi dokusu ve turizm için önemi ortaya koyulmuştur. Çalışma tarihsel açıdan değerlendirildiğinde, kentsel dokuların kültürel değerlerinin şehirde yaşayanlar tarafından kabul görmesi ve bu doğrultuda bir koruma kültürü oluşturulması bağlamında önem arz etmektedir.

Anahtar Kelimeler: Travnik, Kültürel miras, Kentsel Koruma, Mimari Miras

1. GİRİŞ

Osmanlı tarihi boyunca Anadolu toprakları ve Balkanlarda birçok eser inşa etmiş ve bu eserlerin bir kısmı günümüze ulaşmıştır. Tarihin farklı dönemlerinde birçok uygarlığa ev

sahipliği yapmış olan balkan coğrafyasında, bu uygarlıklara ait mimari ve yöresel çeşitlilikleri ile katkı sağlayan önemli doğal ve kültürel varlıklar mevcuttur. Günümüze kadar ulaşan evrensel kültürel varlıklarının günlük hayat içerisindeki konumları, kullanılma değerleri, toplum ile olan ilişkileri ve daha birçok özellikleri nedeniyle dünyaya tanıtılması ve uluslararası katkılar yardımıyla korunarak gelecek nesillere korunmuş şekilde aktarılması gerekmektedir. Kentsel dokuda oluşturulan tahribat nedeniyle yöresel çeşitlilik azalmakta ve kentsel mimari dokunun sürdürülebilirliği sağlanamamaktadır. Tüm bu olumsuzluklar yaşanırken ortaya çıkan bilimsel gerçeklerin yardımıyla gerekli önlemlerin alınabilmesi için, çevre ile ilgili uluslararası konferans ve toplantılar düzenlenerek ve kent içi bilgilendirmeler yapılarak kentte yaşayanların bilinçlendirilmesi büyük önem taşımaktadır. Düzenlenecek konferanslar, kent özelinde farkındalık yaratılarak, geleceğe sahip çıkma adına, birtakım sözleşmelere zemin oluşturabilir. Kent ve kent yerleşimlerinin korunmasına yönelik yapılan çalışmalar ve küresel eylem planı uluslararası katkılar sağlayabilir.

2. TRAVNİK ŞEHRİNİN MİMARİ MİRASININ İNCELENMESİ

2.1. Bosna Hersek

Balkanlar, tarih boyunca sürekli değişim ve dönüşümlere sahne olmuş bir coğrafya olarak dikkat çekmektedir. Farklı kültürlerin, dinlerin ve etnik grupların bir arada bulunduğu bu bölge, tarihsel süreçte çeşitli hâkimiyet mücadelelerine tanıklık etmiş; sık sık el değiştiren topraklarıyla bilinir hale gelmiştir. Bu durum, Balkanlar'ı savaşlar, çatışmalar ve siyasi karışıklıkların eksik olmadığı, uzun süre istikrarın sağlanamadığı bir bölgeye dönüştürmüştür.

Antik Yunan, Roma, Bizans, Osmanlı, Avusturya-Macaristan Balkanlarda bir dönem kalmış, iz bırakmış medeniyetlerdir. Farklı medeniyetlerin hâkimiyeti aynı zamanda farklı dinlerin mevcut olmasını sağlamıştır. Balkan kelimesi, Türkçe bir kelime olup "sık ormanlarla kaplı sıradağ ya da çalılıklarla kaplı engebeli arazi" anlamına gelmektedir. Balkan coğrafyası, Avrupa'nın arka bahçesi olarak görülmüş, batının doğusu olarak adlandırılmış, karışıklıkların savaşların çıktığı düzensizliğin, geriliğin hâkim olduğu bir coğrafya olarak vasıflandırılmıştır. Balkanlar, Güneydoğu Avrupa olmasına rağmen Avrupa hiçbir zaman, Balkanları kendi coğrafyasından saymamıştır (Bayram,2015,syf.345).

Balkanlar Osmanlı Devleti'nin Avrupa'daki ilerlemesi için önemli bir mihenk noktasını teşkil etmiş, bölgedeki fetihlerin ardından bu topraklar Türk- İslam medeniyetinin yoğurulduğu bölgeler arasında yerini almıştır. Balkanlarla Osmanlı idarî yapısı açısından önemli bir noktayı batıya doğru ilerlemelerde bir uç vazifesi gören Bosna- Hersek oluşturmaktadır. Bosna Hersek, ifade ettiğimiz üzere birçok milletin mücadelesine sahne olmasının yanı sıra, aynı zamanda eski pagan inanç ve gelenekler ile Hıristiyanlık, Bogomilizm ve İslam gibi dinlerin mücadelesine de sahne olmuştur. İslam ve Bogomilizm'den önce Bosna Hersek'e Hıristiyanlık intikal etmiştir. Bosna'daki Bogomiller'e en güçlü saldırılar Fransisken tarikatı mensuplarından gelmiştir. 1291'den itibaren bölgede varlıkları bilinen ve ilk manastırlarını 1340'de kuran Fransisken misyonerler, Osmanlılar Bosna'yı fethedinceye kadar Bogomillerin en yoğun bulundukları,

özellikle kuzeydoğu ve orta Bosna'daki şehirlerde ve halkının tümünün heretik olduğu ifade edilen, Srebrenica şehri gibi maden yönünden zengin olan bölgelerde manastırlar kurarak faaliyetlerde bulunmuşlardır (Karacan ve ark.,2017,syf.52). 1463 yılında Fâtih Sultan Mehmet tarafından fethedilen Bosna-Hersek'te Osmanlı idaresi süresince halkın önemli bir bölümü İslamiyet'i kabul etmiştir. Bunun neticesi olarak, Türk-İslâm kültürü burada süratle gelişmiş ve kökleşmiştir (Uyanıker ve Akçakaya, syf.44).

Daha sonra uzun bir süre devam edecek olan Osmanlı hâkimiyeti başlar. Tüm tarihçilerin üzerinde ittifak ettiği hususlardan birisi, Osmanlı devletinin, balkanlarda gelişip büyüdüğü yani bir balkan devleti olduğu hususudur. Bu sebepten uzun süre hükümran olduğu bölge olan balkanlarda, Osmanlılar, arkalarından, farklı alanlarda çok zengin bir miras bırakmıştır. Fetihlerle genişleyen Osmanlı, ihdas ettiği vakıflar eliyle, yeni şehirler (Selanik, Üsküp, Manastır, Saraybosna, Yanya, Mostar..v.d.) kurmuş ve bu şehirleri, çok sayıda mimari eserler; ibadethaneler, hanlar, yollar ile donatmıştır (Karacan ve Ark.,2017,syf.50). İlber Ortaylı: "Her şeyden önce Osmanlı İmparatorluğu, XIV. ve XV. yüzyıllarda bir Balkan İmparatorluğu" olarak doğup gelişti. "der. Halil İnalcık ise: "Bu nedenle de Balkan topraklarının güvenliği ve muhafazası, Osmanlı Devleti'nin güvenliği ve muhafazası demekti. İkincisi; bölgenin tarımsal ve hayvansal ürünleri sarayın, Edirne, İstanbul, Selanik ve Bursa gibi kalabalık kentlerin ve ordunun ihtiyaçlarını karşılıyordu." görüşünü ifade eder (Bayram,2015,syf.345).

Balkanlarda elde edilen topraklarda tımar ve zeamet teşkilatı yapıldı ve Türk nüfusunu arttırmak üzere Anadolu'nun muhtelif yerlerinden her tarafa Türk göçmenleri yerleştirildi; şehir ve kasabalarda cami, mescit, tekke, zaviye, türbe gibi dinî, medrese, mektep, darü'l-kurra, darü'l-hadîs gibi ilmî ve darüşşifa, bimarhane gibi sağlık; köprü, dükkân, arasta, kervansaray, han, hamam, imaret ve bedesten gibi içtimaî müesseseler vücuda getirilmek suretiyle buralara Türk ve İslâm damgası vuruldu. Bu suretle bir buçuk asır içinde Balkan, şehir ve kasabaları buralardaki ilmî, içtimaî müesseseleriyle tam bir Türk ve Müslüman ülkesi oldu (Nureski,2016,sy.354).

Osmanlı Devleti'nin hâkimiyeti altına girdikten, günümüze kadarki tarihsel ve toplumsal gelişme süreci içinde Balkanlar Türk-İslam kültürünün bütün maddî ve manevî değerlerin ifadesi olan ve aynı zamanda bu topraklarda söz konusu kültürün sonraki nesillere iletilmesini ve günümüze kadar ulaşmasını sağlayan birçok kültür eseri vücuda getirilmiştir (Nureski,2016,sy.355). Kültür kelime olarak; Latincedeki "Cultura" ya da "Colere" sözcüğünden gelen bir kavramdır. Klasik Latince'de, "bakmak" ya da "yetiştirmek" anlamına gelmektedir. Tanım olarak bugün kullanımda gelinen noktada; Kültür toplumun geçmişte ve günümüzde süregelen bir çok yönünü kapsar. Tarihi ören yerleri, binalar gibi fiziksel nesneler ve adetler, şarkılar, danslar gibi görenekler de toplum kültürünü yansıtan unsurlar arasında yer almaktadır. Kültürün bir toplumun sahip olduğu maddî ve manevî değerlerden oluşan bir bütün olduğunu söyleyen bilim insanları, aynı zamanda kültürün toplumda mevcut her tür bilgi, ilgi, alışkanlık, değer yargıları, genel tutumlar, görüş düşünce ve tüm davranış şekilleriyle bir bütün olduğunu savunmaktadırlar (Karacan ve ark.,2017,syf.50).

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

Osmanlı döneminde bütün Balkanlarda hâkim bir kültür olarak yaşayan Türk kültürünün Osmanlı idaresinin çekilmesinden sonra azınlık konumunda da olsa günümüze kadar yaşadığını ve günümüzde de burada yaşayan Türkler tarafından diliyle, kılık-kıyafetiyle, yemesi-içmesiyle, adet, gelenek-göreneğiyle canlı bir şekilde yaşatıldığı ve muhafaza edildiği görülmektedir. Dolayısıyla Balkanların Osmanlı döneminde olduğu gibi, Osmanlı sonrası döneminde ve günümüzde de Türk kültür tarihinin bütününü oluşturan en önemli ve ayrılmaz bir parçası olduğu bir gerçektir.

İslâm kültürünün en belirgin izleri mimarlık ve şehir planlamasında kendini göstermektedir. Birçok Bosna şehri, klasik Osmanlı şehircilik anlayışı çerçevesinde çarşı ve mahallelere bölünmüş şekilde gelişmiştir. Osmanlı idaresi altında şehircilikte üç devre göze çarpar. İlk devrede âbidevî mimarinin temsilcileri olan ibadet yerleri ve umuma mahsus binalar inşa edilmiş ve bunlar genellikle valiler ve yüksek unvanlı görevliler tarafından yaptırılmıştır. Saraybosna'da Gazi Hüsrev Bey Camii (1530) ve Ali Paşa Camii (1561), Foça'da Alaca Cami (1550), Banaluka'da Ferhad Paşa Camii (1579), yine Saraybosna'da Gazi Hüsrev Bey Hamamı, Selçukiye veya Kurşumliya da denilen Gazi Hüsrev Bey Medresesi (1537), Brusa Bedesteni (1551) bu muhteşem mimarinin örneklerini teşkil eder. İkinci dönemde zengin esnaf ve tüccar tarafından yaptırılan daha gösterişsiz binalar görülür. Üçüncü dönem mimarisi ise çöküşün izlerini taşır. Yine de bu dönemde teknik mükemmeliyete sahip bazı binalar yapılmıştır. Bir bedestenin üzerinde inşa edilen Travnik'teki Süleymaniye Camii bunun en güzel örneğidir (Djurdjev, 1992,syf.301).

2.2. Bosna Hersek'in Tarihi Kasabası "Travnik"

Bosna-Hersek'in orta kesimlerinde, Saraybosna'nın 90 km kuzeybatısında ve deniz seviyesinden 504 metre yüksekte yer alan Travnik, tarihî ve kültürel açıdan önemli bir yerleşim merkezidir. Osmanlı döneminde XVI. yüzyılda ortaya çıkan Travnik, zamanla hızlı bir gelişim göstererek ülkenin en büyük taşra merkezlerinden biri haline gelmiştir. 1699-1851 yılları arasında Bosna vezirlerinin ikametgâhı olarak kullanılan şehir, bu dönemde cami, okul, hamam, tekke ve diğer yapılarla donatılmıştır. Osmanlı döneminde Travnik'in nüfusunun büyük çoğunluğunu Müslümanlar oluşturmuştur. Şehir, çevredeki dağlardan bakıldığında, Osmanlı geçmişinin karakteristik izlerini yansıtan bir görünüme sahiptir. Travnik'in bu tarihî ve mimarî yapısı, Osmanlı İmparatorluğu'nun bölgedeki etkisinin somut bir göstergesidir (Kıel,2012,syf.308).

Travnik'in tarihi, Osmanlı döneminden çok daha önceye, tarih öncesi çağlara dayanmaktadır. Bölgeye dair ilk yerleşim izleri Tunç Çağı'na kadar uzanmakta olup, kaynaklarda milattan sonra ilk birkaç yüzyıla ait bilgiler de bulunmaktadır. Şehir, Roma dönemine ait çeşitli arkeolojik kalıntılara sahiptir; mezarlar, kaleler ve erken dönem Hristiyan bazilikaları bu zengin tarihî mirası yansıtan önemli unsurlardır (https://gezimanya.com).

Laşva Nehri vadisinde, Vlaşiç ve Vilenica dağlarının arasında yer alan Travnik, tarihî ve kültürel birikimi ile dikkat çeken bir yerleşim yeridir. Bölgenin, tarih öncesinden itibaren sürekli olarak yerleşime açık olduğu, bu süreçte çok sayıda arkeolojik bulgunun,

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

seramiklerin, paraların ve yapı kalıntılarının ortaya çıkarıldığı görülmektedir. Bu özellikler, Travnik'in tarih boyunca stratejik ve kültürel bir merkez olarak önem taşıdığını göstermektedir.



Görsel 1. Travnik Uydu Görüntüsü (www.google.com) İşlenerek.

İslam kültürünün en belirgin izleri, özellikle mimarlık ve şehir planlamasında kendini göstermektedir. Bosna'daki birçok şehir, klasik Osmanlı şehircilik anlayışı çerçevesinde çarşı ve mahalleler olarak düzenlenmiş ve bu doğrultuda gelişim göstermiştir. Osmanlı idaresi altında şehircilik, üç ana dönemde incelenebilir:

İlk dönemde, görkemli mimarinin temsilcisi olan ibadethaneler ve kamuya açık binalar inşa edilmiştir. Bu yapılar genellikle valiler ve yüksek statüdeki devlet görevlileri tarafından yaptırılmıştır. İkinci dönemde ise zengin esnaf ve tüccarlar tarafından daha sade ve gösterişsiz yapılar inşa edilmiştir. Üçüncü dönemde ise Osmanlı'nın çöküş sürecinin izleri mimariye yansımış olsa da, bu dönemde dahi teknik mükemmeliyete sahip bazı yapılar inşa edilmiştir.

Travnik'teki Süleymaniye Camii, bu dönemlerin mimari özelliklerini yansıtan önemli bir örnektir. Aynı zamanda bu dönemde birçok eski cami tamir edilmiş, böylece bölgenin İslami ve Osmanlı kültür mirası korunmaya çalışılmıştır. Bu mimari yaklaşımlar, Osmanlı şehircilik anlayışının Bosna üzerindeki kalıcı etkilerini gözler önüne sermektedir (Djurdjev, 1992, syf. 303).

Osmanlı şehirlerinde yerleşim düzeni, ticaret alanları ile konut alanlarının ayrılığına dayanır. Evler genellikle birbirine benzer bir karakterde inşa edilmiş olup, bu durum düzensiz ve doğal bir şekilde oluşmuş sokak dokusunu beraberinde getirmiştir. Planlı bir şehir meydanı kavramı Osmanlı şehirlerinde yaygın değildir. Meydan niteliği taşıyan alanlar, genellikle

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

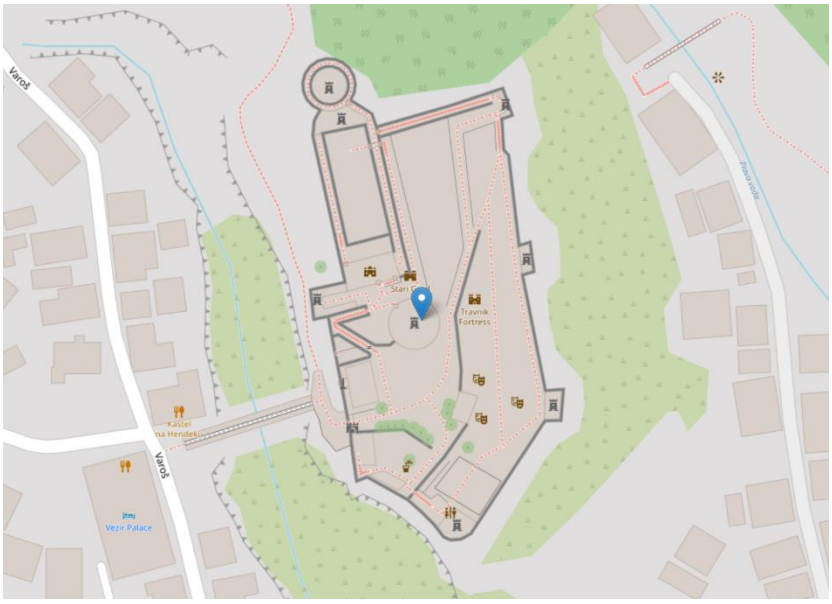
cami, mescit, çeşme ya da pazar yerleri etrafında zamanla kendiliğinden oluşmuştur. Bu özellik, Osmanlı şehir planlamasının işlevsellik ve toplumsal ihtiyaçlar temelinde şekillendiğini göstermektedir (Canyurt, 2016, syf.7).

Travnik, Osmanlı egemenliğinden ayrılmasının üzerinden yaklaşık 200 yıl geçmesine rağmen, Osmanlı dönemine ait mimari ve kültürel izleri korumakta ve adeta o dönemde donmuş bir şehir görünümü sergilemektedir. Avrupa'nın ortasında yer alan Travnik, Türk tarihinin izlerini taşıyan Bursa, Amasya ve Kastamonu gibi Anadolu şehirlerini andırmaktadır.

Şehirdeki önemli tarihî yapılar arasında Süleymaniye Camii ve Travnik Kalesi özel bir yere sahiptir. Yol boyunca sıralanan mahalle mescitleri, şehrin Osmanlı dönemine özgü mimari özelliklerini yansıtarak ziyaretçilerin dikkatini çekmektedir. Kalenin girişine ulaşıldığında ise, ziyaretçiler iki gözlü bir köprüden geçerek bu tarihî yapının içine adım atmaktadır. Travnik'in bu özellikleri, Osmanlı mirasının bu coğrafyadaki sürekliliğini gözler önüne sermektedir.

2.3. Travnik Kalesi

Travnik Kalesi, Bosna-Hersek'in Travnik kentinde yer alan ve tarihî geçmişiyle dikkat çeken önemli bir eserdir. XV. yüzyılda kale, yalnızca küçük bir kule ve ince bir duvarla çevrili bir yapıdan ibaretti. Ancak, 1463 yılında Fatih Sultan Mehmet'in emriyle kale, yeni duvarlarla çevrilmiş, içerisine farklı mimari unsurlar eklenerek güçlendirilmiş ve sancak merkezi haline getirilmiştir. Kale içerisinde, Sultan II. Bayezid tarafından yaptırılan bir minare bulunmaktadır. Bu minarenin bir benzerinin İstanbul'da Ayasofya Camisi'nde yer alması, yapının mimari açıdan taşıdığı önemi vurgulamaktadır. Travnik Kalesi, gerek Osmanlı dönemine ait mimari özellikleri gerek stratejik konumuyla bölgenin tarihî ve kültürel mirasının önemli bir temsilcisidir (www.osmanli-eserleri.com).



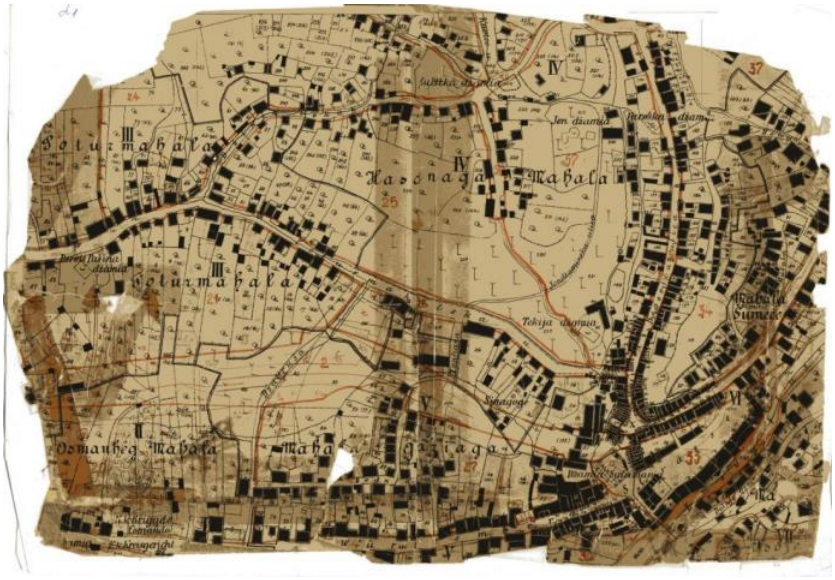
Görsel 2. Travnik Kalesi Planı (www.openstreetmap.org).

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



Görsel 3. Travnik Kalesi Genel Görüntüsü (Anonim).

Kale içerisinde yer alan ve Sultan II. Bayezid tarafından 15. yüzyılda inşa ettirilen camiden geriye yalnızca minaresi ve bazı duvar kalıntıları kalmıştır. Bunun yanı sıra, Bosna-Hersek genelinde inşa edilmiş en eski cami olarak bilinen "Yeni Cami" (Hadži Ali-bey Camii), 1549 yılında Hasan Ağa tarafından yaptırılmıştır ve bölgenin tarihi ve kültürel zenginliğini yansıtmaktadır. Bu yapılar, Travnik'in zengin tarihini ve Osmanlı dönemine uzanan kültürel mirasını gözler önüne sermektedir.



Görsel 5. 1883 Tarihli Şehir Haritası (Canyurt, 2016, syf.11).

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



Foto 6. Şehirin Genel Görüntüsü (www.tripadvisor.com.tr).

2.4. Süleymanpaşa Camii

Vezir Süleyman Paşa tarafından 1815-1816'da Skopljak'ta yaptırılan Travnik'in en büyük, en zengin süslemeli camisinin alt katı bedesten şeklinde tasarlanarak inşa edilmiştir. Diğer paşalar da bu yapılara türbeler, iki saat kulesi, köprüler ve pek çok çeşme eklemişlerdir (Kieli2012, syf. 310). Avusturya – Macaristan döneminde 1878 yılında onarım geçiren yapının, kalemişi süslemelerinin büyük bölümü kapatılmıştır. 1903 yılında çıkan yangın sonrasında tamir edilen yapı, 1945 yılında II. Dünya Savaşı esnasında Travnik bombalanırken batı duvarının bir kısmı yıkılmıştır. En kapsamlı onarımı 1982-1987 yılları arasında geçirmiştir ve günümüzde ibadete açıktır (Canyurt,2016,syf.49).

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



Görsel 7. Süleyman Paşa Camii-1906 (Solda), Süleyman Paşa Cami-2022 (Sağda), (Kiel Fotoğraf Arşivi)

3. GENEL DEĞERLENDİRME VE SONUÇLAR

Turizm destinasyonları oluşturulurken geçmiş kültürlerin izleri, yaşam tarzı, el sanatları, kültürel temaslar, inanç sistemleri, eğlence biçimleri ve yöresel mutfak kültürlerini yerinde görme arzuları dikkate alınmaktadır. Dünya üzerindeki toplumlarda eğitim seviyesinin belirli seviyeye gelmesi ile birlikte özellikle orta yaş ve üzeri bireylerin, dünyadaki farklı bölgelerde meydana gelmiş kültürel çeşitlilik ve kültürel birikimler ile yapılmış mimari eserleri yerinde görerek inceleme isteği günümüz uluslararası turizmin geldiği noktayı ortaya koymaktadır. Bu nedenle turizm hareketliliğinin yoğunluk kazandığı turizm bölgelerinde kültürel değerlerimizi koruyarak tanıtma konusunda atılan adımlar sonucu "kültürel zenginliği" olan kentler önemli turizm destinasyonları haline gelmiştir.

Travnik şehri tarih öncesinden itibaren yerleşime açık olmuş ve pek çok arkeolojik bulgunun yanı sıra para, seramik ve Roma dönemine kadar inen yapı kalıntılarının bulunduğu bir yerleşme yeri olarak bilinmektedir. Travnik tarihinin erken dönemlerinden itibaren, özellikle çalışma konumuz olan Osmanlı kültür mirasını global anlamda sürdürülebilir turizm anlayışına uygun bir şekilde koruma altına alarak sahip olduğu zenginliği ortaya çıkartmak adına somut adımlar atılmalıdır. Böylelikle Dünya Turizm Örgütü verilerine bakıldığında önemli bir alternatif turizm türü olarak ön plana çıkan kültürel miras turizmi kapsamında

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

Travnik, hem bölgesel kalkınmaya hem de kültürel mirasın korunarak gelecek nesillere aktarılmasına katkı sağlayabilir. Bu bağlamda, Osmanlı dönemine ait eserlerin restorasyonu, dijitalleştirilmesi ve uluslararası tanıtımı, sürdürülebilir turizm stratejilerinin temel unsurlarından biri olmalıdır. Ayrıca, yerel halkın turizm süreçlerine katılımı sağlanarak ekonomik faydalar geniş bir tabana yayılabilir. Travnik'in kültürel ve tarihî zenginlikleri, bu yaklaşımla bölgeyi önemli bir cazibe merkezi haline getirebilir.

Dünya Turizm Örgütü'nün sürdürülebilir turizm ilkeleri çerçevesinde, Travnik'in kültürel mirasının tanıtımı ve korunması, yalnızca bölgesel değil, uluslararası ölçekte de dikkat çekebilir. Turizm altyapısının geliştirilmesi, özellikle çevreye duyarlı tesislerin kurulması ve kültür rotalarının oluşturulması, şehri alternatif turizm türleri arasında üst sıralara taşıyabilir. Bunun yanı sıra, eğitim programlarıyla hem yerel halka hem de ziyaretçilere kültürel mirasın değeri aktarılabilir ve bu sayede turizm, kültürle harmanlanarak daha derin bir deneyim sunabilir. Bu tür çalışmalar, Travnik'in hem kültürel hem ekonomik anlamda sürdürülebilir bir geleceğe sahip olmasına olanak tanıyacaktır.

KAYNAKÇA

Bayram, S., (2015). Travnik Günlüğü ve Kadı Köse Adlı Romanların Penceresinden Osmanlı-Müslüman Dünyasına Bakış, Turkish Studiesınternational Periodical For The Languages, Literature And History Of Turkish Or Turkic, Volume 10/16fall2015, P. 341-354doı Number: Http://Dx.Doi.Org/10.7827/Turkishstudies.8842ıssn: 1308-2140, Ankara-Turkey.

Canyurt, F., (2016). Travnik Şehrindeki Osmanlı Mimarisi, Gazi Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Sanat Tarihi Anabilim Dalı, Doktora Tezi, Tez Danışmanı: Prof. Dr. Halit Çal, Ankara.

Uyanıker, A., Ve Akçakaya, O., (2018).1877-1895 Yıllarında Hersek, Saraybosna, Travnik, Banaluka Sancaklarından Türkiye'ye Gelen Göçmenler, 1 St International A Luminary A Country Symposium, Full Paper Proceedings, Aliye Izetbegovic And Bosnia-Herzegovina.

Nureski, D., (2016). Osmanlı'dan Günümüze Makedonya'daki Türk Kültürü Ve Makedonya'nın Türk Kültür Tarihindeki Yeri Ve Önemi, Türk Cooperation And Koordination Agency , Avrasya Etüdleri 50/2016-2 (351-388).

Karacan, S., Karacan, E., Güngör Y., (2017). Osmanlı Dönemine Ait Kültürel Zenginliğin Bosna-Hersek Cumhuriyetinde Turizm Açısından Değerlendirilmesi, International Journal Of Tourism, Economic And Business Sciences Uluslararası Turizm, Ekonomi Ve İşletme Bilimleri Dergisi E-Issn: 2602-4411, 1 (2): 49-56, 2017.

Djurdjev, B., (1992). Bosna-Hersek "1991'de Bağımsızlığını İlân Eden Ve Eski Yugoslavya'yı Oluşturan Federe Cumhuriyetlerden Biri", Türk Diyanet Vakfı, İslâm Ansiklopedisi, Cilt 6, Syf.297-305.

Kıel, M., (2012). Travnik "Bosna-Hersek'te Tarihî Bir Kasaba", Türk Diyanet Vakfı, İslâm Ansiklopedisi, Cilt 41,Syf.308-311.

Machiel Kiel Fotoğraf Arşivi

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

https://gezimanya.com/travnik#:~:text=Travnik%20Kalesi,-Kentin%20belki%20de&text=Hristiyan%20Krall%C4%B1%C4%9F%C4%B1%20taraf%C4%B1ndan%20Osmanl%C4%B1%20ak%C4%B1nlar%C4%B1na,kentin%20en%20iyi%20korunmu%C5%9F%20eseridir. (Erişim Tarihi: 14.08.2024)

https://www.google.com/maps/place/Travnik,+Bosna+Hersek/@44.227452,17.6400826,3825m/data=!3m1!1e3!4m6!3m5!1s0x475effdc256dfe7b:0xa2554f47dfb08d92!8m2!3d44.2293783!4d17.6429578!16zL20vMDM1M21u?entry=ttu (Erişim Tarihi: 15.08.2024)

https://www.osmanli-eserleri.com/eser/travnik-kalesi-travnik-bosna-hersek (Erişim Tarihi: 14.08.2024)

https://www.openstreetmap.org/?mlat=44.22993&mlon=17.67088#map=19/44.229956/17.670464 (Erişim Tarihi: 14.08.2024)

https://www.tripadvisor.com.tr/Attraction_Review-g2227146-d4451246-Reviews-Stari_Grad_Old_Town_Travnik-Travnik_Central_Bosnia_Canton_Federation_of_Bosnia_a.html#/media-atf/4451246/568966886:p/?albumid=-160&type=0&category=-160 (Erişim Tarihi: 15.08.2024)

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

ŞENKAYA KÖMÜRÜNÜN SÜPÜRMELİ ve TEMİZLEMELİ FLOTASYON YÖNTEMİ İLE ZENGİNLEŞTİRİLMESİ

ENRICHMENT OF ŞENKAYA COAL WITH SWEEPING AND CLEANING FLOTATION METHOD

Doç. Dr. Öykü BİLGİN
Şırnak Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Maden Mühendisliği Bölümü
ykbilgin@yahoo.com
ORCID ID: 0000-0002-1276-5751

ÖZET

Kömür, yapısındaki kül oranının azaltılması ile daha kaliteli hale gelmektedir. Bunun için zenginleştirme yöntemlerine ihtiyaç duyulmaktadır. İnce tane boyutta kömürlerin zenginleştirilmesinde en yaygın kullanılan yöntemlerden biri flotasyon(köpük ile yüzdürme işlemi) ile zenginleştirme yöntemidir. Flotasyon yönteminde; kömür içerisindeki gang minerallerinin (kil, kuvars, kalsit, feldspat, demir, sülfürler vb.) ayrılması için pH ayarlayıcı, canlandırıcı, bastırıcı, toplayıcı ve köpürtücü reaktifler kullanılmaktadır. Bu çalışmada; Erzurum ilinin Şenkaya ilçesi açık işletme maden ocağından alınan kömür numuneleri, çeneli kırıcıda kırıldıktan sonra, elek analizine ve her tane sınıfında kül, kalori ve nem analizine tabi tutulmuştur. Daha sonra belirlenen flotasyon koşullarında süpürmeli ve temizlemeli olmak üzere aşamalı olarak flotasyon yöntemi uygulanmış ve numunenin % kül verimleri, % yanabilir verimleri belirlenmiştir. Deney sonuçlarına göre; kül oranı % 8,85 olan kaliteli kömür konsantresi elde edilmiştir.
Anahtar Kelimeler: Kömür, flotasyon, kül, zenginleştirme

ABSTRACT

Coal becomes higher quality by reducing the ash content in its structure. For this purpose, enrichment methods are needed in coal. One of the most widely used methods for enrichment of fine-grained coals is the enrichment method with flotation (foam flotation process). In the flotation method; pH adjuster, revitalizer, suppressor, collector and foaming reagents are used to separate the gangue minerals (clay, quartz, calcite, feldspar, iron, sulfides, etc.) in the coal. In this study; coal samples taken from the open pit mine in Senkaya district of Erzurum province were subjected to sieve analysis and ash, calorific value and moisture analysis in each particle class after being crushed in a jaw crusher. Then, the flotation method was applied in stages as sweeping and cleaning under the specified flotation conditions and the % ash yields and % burnable yields of the sample were determined. According to the results; a quality coal concentrate with an ash ratio of 8.85% was obtained in test.

Keywords: Coal, flotation, ash, enrichment

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

1. GİRİŞ

Flotasyon yöntemi; çok ince tane boyutundaki (< 0,5 mm) cevherlerin fizikokimyasal, yüzey kimyası ve kolloidler kimyası ilkelerine istinaden köpükle cevherin yüzdürülmesi ile zenginleştirme işlemidir. Flotasyon yönteminin kömür zenginleştirmede uygulanmasındaki amaçlar;

- Kül miktarını azaltmak
- Kükürt miktarını azaltmak
- Yıkama suyu içerisinde kalan toz kömürleri kazanmak
- Lavvardan atılan siyah proses suyunu temizlemek
- İçerisindeki çeşitleri mineralleri uzaklaştırıp, koklaşabilir ürünler hazırlamaktır.

Bu yöntemde; kömürleşme dereceleri, kimyasal bileşimleri, petrografik bileşimleri, yüzey oksidasyonu gibi etkenler zenginleştirmeyi etkilemektedir. Kömür doğal olarak yüzebilen bir madendir(Atak ve Toroğlu, 1990). Ancak, flotasyonu kolaylaştırıcı organik bileşiklerin(nötr yağlar) kullanılması gerekebilir. Kömür flotasyonunda kullanılan reaktifler;

- Non-polar reaktifler(toplayıcı); hidrokarbon yağlar, gazyağı, fuel oil vb.
- Heteropolar reaktifler(köpürtücüler); aromatik alkoller, alifatik alkoller, eterler vb.
- Kireç, Na_2SiO_3(sodyum silikat), $FeSO_4$, Na_2CN(Sodyum siyanür) vb. ‘ dir.

Kömür flotasyonunda etki eden parametreler; tane iriliği, kömürün petrografik yapısı, sudaki katı/sıvı oranı, pH değeri, sıcaklık, flotasyon süresi, karıştırma hızı, kullanılan reaktifler ve flotasyon makinasıdır(Çetinkaya, 1994).

2. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

Bu çalışmada; Erzurum ilinin Şenkaya ilçesinde faaliyet gösteren açık işletme kömür ocağından alınan kömür numuneleri kullanılmıştır. Kömür numunesinin alındığı numune koordinatları(Bilgin, 2019) Çizelge 1’ de verilmektedir.

Çizelge 1. Kömür Numunesi Koordinatları

Nokta	Y	X	Yükseklik(m)
1	38T 268 224 D	45 195 4K	1357
2	38T 268 245 D	45 195 6K	1357

Kömür numunesi daha sonra elek tane boyutlarına göre %kül, %nem ve %kalori analizlerine tabi tutulmuştur. Çizelge 2’ de elek tane boyutlarına göre analiz sonuçları verilmektedir. Buna göre besleme malının kül oranı %49,40, kalori değeri de 3052 Kcal olarak tespit edilmiştir. Tane boyutlarına göre incelendiğinde; +12,5mm, -12,5+9,51mm ve -9,51+3,35mm tane boyut aralıklarında kül oranlarının %50’ nin üzerinde olduğu görülmektedir. -3,35+2mm, -2+1mm, -1+0,5mm, -0,5+0,106mm ve -0,106mm tane boyut aralıklarında ise kül oranlarının ortalama yaklaşık %45 civarında olduğu söylenebilir. Kül oranına bağlı olarak kalori değerleri de yaklaşık ortalama 3300Kcal’dir.

Çizelge 2. Elek Tane Boyutuna Göre Analiz Sonuçları

Tane İriliği(mm)	Kül(%)	Nem(%)	Kalori(Kcal)

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

Besleme Malı	49,40	6,98	3052
+12,5	53,71	6,99	2732
-12,5+9,51	56,34	6,86	2324
-9,51+3,35	51,39	6,72	2892
-3,35+2	46,63	6,67	3290
-2+1	46,85	6,38	3276
-1+0,5	49,17	6,45	3065
-0,5+0,106	42,18	6,52	3565
-0,106	45,07	6,07	3385

2.1. Flotasyon ile Zenginleştirme Deneyi

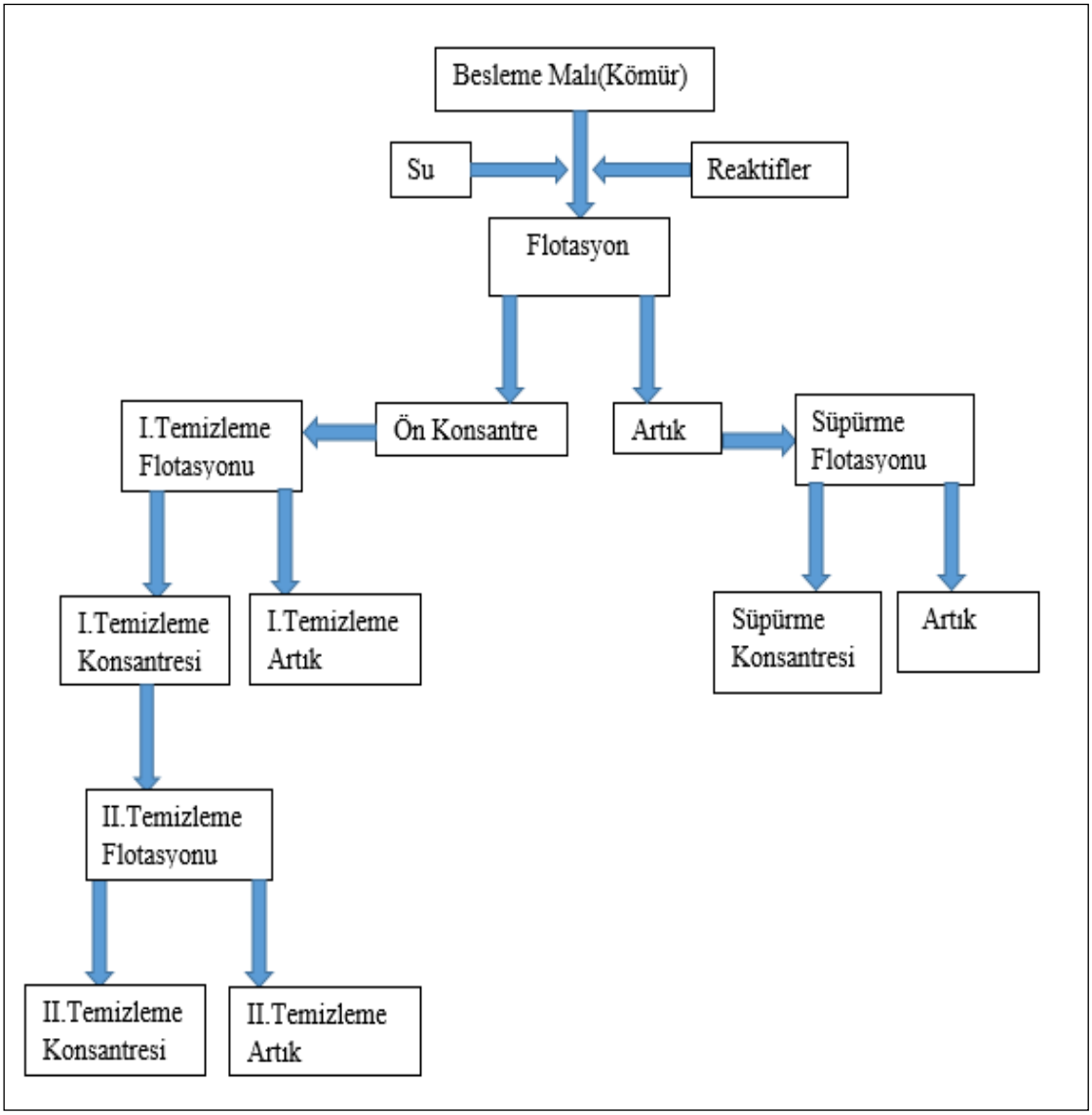
Kömür numunesinin genel özellikleri belirlendikten sonra zenginleştirme deneyi için Dokuz Eylül Üniversitesi Maden Mühendisliği Bölümü, Cevher Zenginleştirme Laboratuvarında yer alan Denver laboratuvar tipi Flotasyon cihazı kullanılmıştır. Uygulanabilir flotasyon koşulları belirlendikten sonra deney gerçekleştirilmiştir. Çizelge 3'te uygulanabilir flotasyon deney koşulları verilmektedir.

Çizelge 3. Uygulanabilir Flotasyon Deney Koşulları

Flotasyon1	Flotasyon2	Flotasyon3	Temizlemeli Flotasyon
Tane iriliği: -1 mm Katı oranı:%30 pH: 5 Bastırıcı: %5 lik Na_2SiO_2 = 1kg/ton Köpürtücü: %1 lik çamyağı =30 gr/ton Flotasyon süresi:10 dk. Karıştırma hızı:1300 dev/dak. Konsantre ve Artık elde edilir.	Katı Oranı:%10 pH: 7,5 Bastırıcı:2000 gr/ton Na_2SiO_2 Toplayıcı: 500-6000 gr/ton gaz yağı Köpürtücü: 100 gr/ton Flotal B Karıştırma Hızı:1000 dev/dk. Zaman:5 dk.	200 ml = 40 gr Fuel Oil +160 gr Mazot 3ml Na_2SiO_2= 3 kg/ton için (2 dk kondüsyonlama) Fuel Oil + Mazot =0,6 ml (5 dk kondüsyonlama) Çam yağı 3 ml= 300 gr/ton (5 dk kondüsyonlama) Köpük al 1200 dev/ dakika	pH:5 %5 lik Na_2SiO_2 = 250 gr/ton Flotasyon süresi:5 dk. Temiz konsantre kömür ve ara ürün elde edilir.

Flotasyon deneyi akım şeması Görsel 2' de gösterilmektedir. Buna göre besleme malı olan kömür numunesi su ve reaktifler ile flotasyon kabında tane iriliği 1 mm altında, karıştırma hızı 1300 dev/dak., pH:5, bastırıcı: %5 lik Na_2SiO_2 = 1kg/ton, köpürtücü: %1 lik çamyağı =30 gr/ton, flotasyon süresi:10 dk koşullarına göre konsantre ve artık elde edilmiştir. Daha sonra ön konsantreden I. Temizleme Flotasyonu uygulanmış ve I. Temizleme Flotasyonu konsantresi ve artığı elde edilmiştir. Daha sonra tekrar I. Temizleme Flotasyonu konsantresi tekrar II. Temizleme flotasyonuna tabi tutulmuş ve II. Temizleme flotasyon konsantresi ve artık elde edilmiştir. Son olarak ilk elde dilen flotasyon artık ürünü de süpürme flotasyonuna tabi tutulmuş ve süpürme konsantresi ve artığı elde edilmiştir.

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



Görsel 2. Flotasyon Deney Akım Şeması





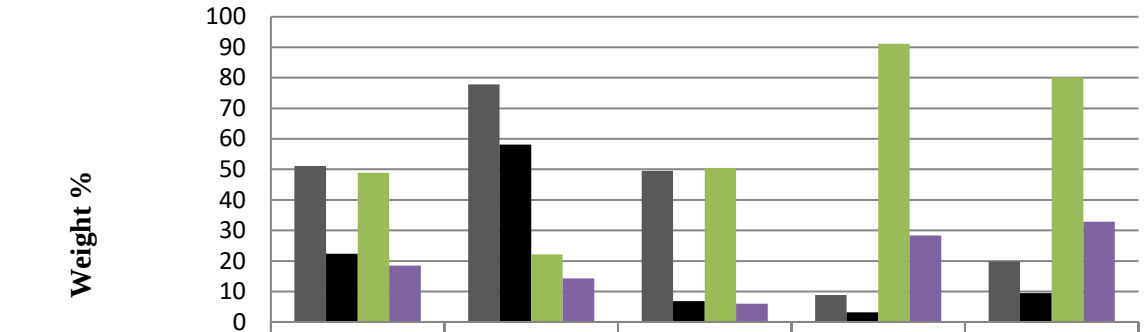
Görsel 3 Flotasyon Zenginleştirme Deneyi

Görsel 3'te flotasyon zenginleştirme deneyi aşamaları sırasıyla gösterilmektedir. Daha sonra elde edilen ürünlerin analizleri % ağırlık ve %kül analizleri yapılmış ve %yanabilir verim ve % kül verim analizleri hesaplanmıştır.

Çizelge 4 Süpürmeli ve Temizlemeli Flotasyon ile Zenginleştirme Sonuçları

Malzeme (Kömür)	Ağırlık (%)	Kül (%)	Yanabilir (%)	Kül İçerik	Yanabilir İçerik	Kül Verim (%)	Yanabilir Verim (%)
Süpürme Konsantresi	20,30	51,06	48,94	1036,52	993,48	22,37	18,51
I.Temizleme Artık	6,40	49,51	50,49	316,86	323,14	6,84	6,02
II. Temizleme Konsantresi	16,70	8,85	91,15	147,80	1522,21	3,19	28,36
II. Temizleme Artık	22,00	19,85	80,15	436,70	1763,30	9,43	32,85
Nihai Artık	34,60	77,89	22,11	2694,99	765,01	58,17	14,26
Toplam	100,00	46,33	53,67	4632,87	5367,00	100,00	100,00

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



	Süpürme Flotasyonu		I.Temizleme Flotasyonu	II.Temizleme Flotasyonu	
	Konsantre	Artık	Artık	Konsantre	Artık
Ash (%)	51.06	77.89	49.51	8.85	19.85
Yield (%)	22.37	58.17	6.84	3.19	9.43
Combustible Ash(%)	48.94	22.11	50.49	91.15	80.15
Combustible Yield(%)	18.51	14.26	6.02	28.36	32.85

Görsel 4. Zenginleştirme Sonrası Ürünlerin % Kül ve % Verim Oranları

Çizelge 4'te süpürmeli ve temizlemeli flotasyon ile zenginleştirme sonuçları verilmektedir. Daha sonra elde edilen ürünlerin sonuç grafikleri çizilmiştir. Görsel 4'de zenginleştirme sonrası ürünlerin % kül ve % verim oranları gösterilmektedir.

3. GENEL DEĞERLENDİRME VE SONUÇLAR

Kömür numunesinde genel bir flotasyon yöntemi uygulandıktan sonra, artık numuneye süpürmeli flotasyon ve elde edilen konsantreye de 2 aşamalı temizlemeli flotasyon yöntemi uygulanmıştır. Sonuç olarak süpürme flotasyonundan elde edilen konsantre ürünün külü %77,88 verimle %51,06 olmuştur. Kül oranının burada yüksek olması normaldir. Çünkü süpürmeli flotasyon yöntemi artık numunesine uygulanır. I. Temizleme flotasyon yönteminden elde edilen artık ürünün külü de %49,51 olmuştur. II. Temizleme flotasyon sonucunda elde edilen konsantre ürünün külü %8,85 ve artığın külü de %19,85 olarak tespit edilmiştir. Konsantrenin yanabilir kül %91,15 ve artığın yanabilir külü de %80,15 olarak hesaplanmıştır. Konsantrenin yanabilir verimi %28,36 ve artığın da yanabilir verimi % 32,85 olmuştur. Bu sonuçlar incelendiğinde; II. Temizleme flotasyondan sonra ürünlerin hem konsantre hem de artık olarak, hem % kül oranları azalmış hem de yanar kül ve verimleri artmıştır.

4. TEŞEKKÜR

Bu çalışmada deneylerin gerçekleşmesinde katkılarından dolayı Sayın Prof. Dr. Tayfun ÇİÇEK hocama teşekkür ederim.

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

KAYNAKÇA

1. Çetinkaya, A., *Zonguldak Merkez Lavvar Şlamı Flotasyonunda Bazı Reaktiflerin Etkinliğinin Araştırılması,* Diploma Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Maden Mühendisliği Bölümü, İzmir, 1994.

2. Atak, S., Toroğlu, İ., Türkiye Kömürleri ile Flotasyon, İ.T.Ü Dergisi, Cilt 48, No: 4, İstanbul, 1990.

3. Bilgin, O., Investigation and Comparison of the Enrichment Potential of Turkey (Şenkaya, Erzurum) Coals with Knelson Concentrator, Advances in Materials Science and Engineering, Article ID 9036047, 2019.

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

DEĞER AKIŞ HARİTALAMA VE KİMYA SEKTÖRÜNDE ÜRETİM SÜREÇLERİNİN İYİLEŞTİRİLMESİNE YÖNELİK BİR UYGULAMA

Zeynep Ece ÖZDEMİR
Endüstri Mühendisi
zeynepecezdmr@gmail.com – 0009-0006-9803-0276

Doç.Dr. Yusuf Sait TÜRKAN
İstanbul Üniversitesi - Cerrahpaşa
ysturkan@iuc.edu.tr – 0000-0001-7240-183X

ÖZET

Hızla artan rekabet koşullarında firmalar varlıklarını sürdürebilmek adına sürekli iyileştirmeye yönelik projeler gerçekleştirmek durumundadır. Sürekli iyileştirmeyi esas alan yalın üretim anlayışında değer akış haritalama yöntemiyle mevcut süreçler analiz edilebilmekte ve değer akışını tesis edebilmek adına en doğru iyileştirmeler planlanabilmektedir. Bu çalışma kapsamında kimya sektöründe önde gelen bir firmanın üretim süreçlerinden biri üzerinde değer akış haritalama ile bir inceleme gerçekleştirilmiştir. Bu kapsamda öncelikle incelenen sürecin mevcut durum haritası çıkarılmıştır. Bu mevcut durum haritası üzerinden tüm operasyonlar ayrıntılı bir şekilde incelenmiş ve iyileştirmeye açık alanlar belirlenmiştir. Planlanan iyileştirmeler için bir gelecek durum haritası oluşturulmuştur. Gelecek durum haritasında iyileştirme faaliyetlerinin etkisi gösterilmiştir. Yalın üretim tekniklerinden de yararlanılan farklı iyileştirme çalışmaları ile depo kullanımı optimize edilmiş, taşıma maliyetleri azaltılmış ve belirli operasyonlarda çevrim süreleri kısaltılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Yalın Üretim, Değer Akış Haritalama, Üretimde Süreç İyileştirme

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

VALUE STREAM MAPPING AND AN APPLICATION FOR IMPROVING PRODUCTION PROCESSES IN THE CHEMICAL INDUSTRY

ABSTRACT

In rapidly increasing competitive conditions, companies have to carry out projects aimed at continuous improvement in order to sustain their existence. In the lean manufacturing approach based on continuous improvement, current processes can be analyzed with the value stream mapping method and the most accurate improvements can be planned in order to establish the value stream. The present study involved a review of a production process at a leading chemical company. In this review, value stream mapping was employed to assess the process. In this context, first of all, the current status map of the examined process was created. All operations were examined in detail on this current state value stream map and areas open to improvement were determined. A future state value stream map was created for the planned improvements. The impact of the improvement activities was shown in the future status map. With different improvement studies that also benefited from lean production techniques, warehouse usage was optimized, transportation costs were reduced and cycle times were shortened in certain operations.

Keywords: Lean Production, Value Stream Mapping, Process Improvement in Production

1. GİRİŞ

Günümüz yüksek rekabet koşullarında firmalar sürekli olarak ürün ve süreç kalitesini iyileştirici çalışmalar yapmak durumundadır. Kalite iyileştirme çalışmalarının yanı sıra firmalar maliyetleri azaltmaya ve teslimat ve hizmet koşullarını iyileştirmeye yönelik de çalışmalar gerçekleştirmektedir. Bu amaçla son yıllarda başta üretim sektörü olmak üzere birçok sektörde yalın üretim anlayışı yaygınlaşmaya başlamıştır. Yalın üretim gereksiz unsurları içermeyen, stok, işgücü, kayıplar, hatalar gibi ek maliyet oluşturan faktörleri minimize eden bir üretim sistemi olarak tanımlanmaktadır (Shukla, 2005). Yalın üretimin kökenini 1940'larda II. Dünya Savaşı sonrası Japonya'da Toyota fabrikasında geliştirilen Toyota Üretim Sistemi (TPS) oluşturmaktadır (Rand vd., 1997). Bu anlayış, ürünler ya da hizmetler için müşterinin para vermeyi kabul edebileceği değerin belirlenmesini, ürünlerin değer akışının tanımlanmasını, değere ait kesintisiz akışın sağlanmasını, değerin üretimden çıkması için çekme sisteminin tesis edilmesini ve tüm iyileştirmelerin sürekliliğinin sağlanarak mükemmelliğin sağlanmasını içeren beş temel prensibe sahiptir (Womack, 2003).

Yalın anlayış genellikle "kalabalık ve fazlalıklardan arındırılmış sistem" (Bateman, 2009) olarak tanımlanmaktadır. Yalın üretim anlayışının tesis edilebilmesi adına çok farklı teknikler uygulanabilmektedir. Bu uygulamalar ile akış süresi kısaltılarak iyileştirmelerin ortaya çıkması hedeflenmektedir. Literatüre bakıldığında yalın üretim için "Stoksuz Üretim", "Tam Zamanında Üretim", "Toyota Üretim Sistemi" gibi farklı ifadeler kullanılabilmektedir (Okur, 2005). Taiichi Ohno ve Eji Toyoda Ford'un fabrikasını incelemişler kitlesel imalatın esnek olmadığını ve birçok israf içerdiğini görmüşlerdir. Böylece Ford'un kitlesel üretim felsefesinin Japonya'ya uygun olmadığına karar vermişlerdir (Melton, 2005). Bu yüzden Toyota kendi sistemlerine uygun yeni bir anlayış ortaya koymuş ve sonrasında bu felsefe yalın üretim anlayışına dönüşmüştür. Toyota'nın benimsediği bu sistem zamanla birçok Japon firmasında ve sonrasında dünyadaki diğer firmalarda kullanılmaya başlanmıştır.

Yalın felsefenin amacı ürün veya hizmetin değerinin sürekli artırılmasıdır (Dickson, 2009). Yalın felsefe, müşteri memnuniyetinin tam da müşterinin ortaya koyduğu değer dikkate alınarak tesis edilmesini, bununla birlikte israflara odaklanılarak maliyet ve teslimat sürelerinin sürekli azaltılarak karlılığın artırıldığı bir anlayış sunmaktadır. Bu amaçla yalın üretim anlayışında öncelikle müşteriler açısından değer belirlenerek, üretimin ilk aşamasından son aşamasına kadar belirlenen bu değer doğrultusunda faaliyetler israflardan arındırılır. Böylece hem teslim süreleri minimize edilebilmekte hem de zaman, enerji, malzeme gibi tüm kaynakların daha verimli şekilde kullanılması sağlanabilmektedir.

Değer akışının tesis edilmesi yalın üretimdeki beş ana prensipten biridir (Havn vd., 1990). Değer Akış Haritalama (DAH) farklı yalın üretim teknikleri için mevcut fırsatların ortaya çıkartılmasında kullanılan temel bir araçtır (Abdulmalek ve Rajgopal, 2007). DAH yardımıyla mevcut sistem analiz edilebilmekte ve harita üzerinde kapsamlı değerlendirmeler yapılabilmektedir. Değer akışının tanımlanması ve tartışılması için oluşturulan harita, işlemlere ait süreleri, bekleme süresi de dahil olmak üzere teslim sürelerini ve ilk seferde kalitenin tesis edilmesine yönelik zaman yüzdeleri gibi farklı anahtar ölçümleri içermektedir (Kim ve diğ., 2006). Literatürde yalın üretim çalışmaları incelendiğinde, otomotive sektöründe (Özkan vd., 2005; Lacerda vd. 2015), demir çelik sektöründe (Abdulmalek ve Rajgopal, 2007), yapı inşaat sektöründe (Freire ve Alarcon, 2002) ve kimya sektöründe (Schmidtke vd. 2014) DAH'dan yararlanılarak gerçekleştirilen iyileştirme çalışmaları bulunmaktadır.

Gerçekleştirilen çalışmada ilk olarak kimya sektöründe faaliyet gösteren bir firmanın süreçleri, mevcut durum değer akış haritası oluşturularak incelenmiştir. Sonrasında hangi alanlarda ne tür yalın teknikler yardımıyla iyileştirmeler yapılacağı tartışılmıştır. Çalışma bir proje kapsamında ele alındığından, projedeki zaman ve maliyet kısıtları da dikkate alınarak tüm aşamalarda iyileştirmeler yerine öncelikli alanlara odaklanılarak bu alanlardaki iyileştirmeler üzerinde çalışılmıştır. Karar verilen iyileştirme çalışmaları sonrasında ortaya çıkan durum için gelecek durum haritası oluşturulmuş ve gerçekleştirilen iyileştirmeler değerlendirilmiştir.

Çalışmanın giriş bölümünden sonraki bölümde yalın üretim, yalın üretimde odaklanılan israflar ve yalın prensipler açıklanmıştır. Sonraki bölümde ise yalın değer akış haritalama

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

metodu ele alınmıştır. Dördüncü bölüm yapılan gerçek hayat uygulamasının ele alındığı bölümdür. Bu bölümde öncelikle uygulama yapılan firma ve süreçleri açıklanmış ve iyileştirme alanları hakkında bilgiler verilmiştir. Mevcut değer haritası ile gelecek durum haritasının paylaşıldığı bu bölümde ayrıca dört farklı alanda yapılan iyileştirmeler de açıklanmıştır. Son bölüm olan sonuç bölümünde çalışmanın ve elde edilen bulguların genel bir değerlendirmesi paylaşılmıştır.

2. YALIN ÜRETİMDE İSRAFLAR VE YALIN PRENSİPLER

Günümüz yüksek rekabet koşullarında firmalar sürekli olarak ürün ve süreç kalitesini iyileştirici çalışmalar yapmak durumundadır. Kalite iyileştirme çalışmalarının yanı sıra firmalar maliyetleri azaltmaya ve teslimat ve hizmet koşullarını iyileştirmeye yönelik de çalışmalar gerçekleştirmelidir. Bu amaçla son yıllarda başta üretim sektörü olmak üzere birçok sektörde yalın üretim anlayışı yaygınlaşmaya başlamıştır. Yalın üretim gereksiz unsurları içermeyen, stok, işgücü

Yalın üretimde israfları belirlemek çok önemlidir, İsraf, değer yaratmayan müşterilerin bedel ödemeyi kabul etmeyeceği her şeydir. Müşterilerin kim olduğunu belirlemek ve değer olarak gördükleri adımları belirlemek gerekir. Değeri belirledikten sonra da hangi adımların israf olduğu anlaşılır. İsraflar, süreci yavaşlatır hatta durmasına bile sebebiyet verebilirler. Yalın üretim anlayışında israflar; gereksiz taşıma, gereksiz hareket, stok, bekleme, gereksiz işlem, fazla üretim, hatalar olmak üzere yedi büyük israf olarak tanımlanmıştır (Ohno ve Bodek, 2019). Sonrasında bu israflara yanlış kullanılan kaynaklar da eklenmiştir. Bu israflar kısaca şu şekilde özetlenebilir;

- Gereksiz Taşıma: Taşıma ürüne değer katmayan bir adımdır. Buradaki taşıma hammadde, ara ürün veya bitmiş ürünlerin taşınmasıdır. Uygun olmayan tesis yerleşiminden, süreçlerdeki gereksiz adımlardan, uzun termin sürelerinden, depolardaki yüksek stoklardan kaynaklanabilir. Gereksiz taşıma teslim sürelerinde gecikmeye sebep olabilir ayrıca ürünün kalitesini etkiler, parçaların kaybolmasına veya zarar görmesine neden olabilir. Bu israfın ortadan kaldırılması için yerleşimde iyileştirmeler yapılabilir.
- Gereksiz Hareket: Çalışanların ürüne değer katmayan her hareketi israf olarak değerlendirilir. Gerekli ekipmanı getirmek üzere hareket eden çalışanlar, makine operatörlerinin farklı ortamlar arasındaki hareketi zaman alan ancak ürüne katma değer sağlamayan hareketlerdir. Ayrıca bu adımlar çalışanlar için yorucu olduğundan üründe kalite sorunlarına sebebiyet verebilir. Ergonomik olmayan çalışma koşulları, standardizasyon eksikliği gereksiz insan hareketine sebep olabilir. Gerekli ekipmanların yakında ve hazır şekilde gerekli kontrollerinin yapılmış halde bulundurulması, bir akış sağlanması, çalışma ortamının ergonomik hale getirilmesi ile gereksiz insan hareketi azaltılabilir.
- Stok: Gereğinden fazla hammadde, malzeme veya yarı mamule sahip olmak israf olarak değerlendirilir. Üretimdeki problemler stoklar tarafından gizlenebilir. Bu ise uzun vadede daha büyük sorunlara yol açmaktadır. Stoklar yüksek depolama ve nakliye maliyetlerine sebep olur. Hızlı değişen müşteri talepleri karşısında stokların elde kalması söz konusu olabilir ve bu da daha ciddi maddi kayıpları ortaya çıkarır. Stoklar için oluşturulan fon işletmede başka alanlarda daha verimli şekilde

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

kullanılabilir. Stokları azaltmak için tedarikçilere yakın konumlanıp iyi ilişki kurmak, sadece müşterinin talebi kadar üretim yapmak gerekir.

- Bekleme: Bekleme çalışanların veya makinelerin işlem görmemesidir. Beklemelere dengesiz iş yükü, planlanmamış duruşlar, uzun kurulum süreleri, düşük süreç kalitesi, gereken araç ve malzemelerin olmaması gibi durumlar neden olabilir. Bir operasyonda makinenin çalışırken operatörün hiçbir şey yapmadan makine başında beklemesi de bir israf oluşturabilmektedir. Bazı durumlarda makine çalışırken çalışanın başka işleri tamamlaması bu israfı azaltabilecektir. Bekleme israfını azaltmada üretim hattının dengede olması ve tüm çalışan ve ekipmanların hiç bekleme yapmayacak şekilde iş istasyonlarına atanması temel amaçtır. Çalışan ve makinelerin boşta kalma süreleri tespit edilip boş zamanlar katma değerli işler ile doldurulmalıdır. Üretim sürecinde akış elde edilip ve sürecin standartlaştırılması gerekmektedir.
- Gereksiz İşlem: Müşteri talebini karşılamak için gerekli olmayan, değer katmayan işlem veya süreçler anlamına gelmektedir. Müşterinin isteği olmayan tasarımların, büyük ve esnek olmayan tezgahların, gereksiz kalite kontrollerin süreçten çıkarılması bu israfı azaltabilir.
- Fazla-Aşırı Üretim: Bir sonraki istasyonun ya da müşterinin ihtiyacı olandan fazla yapılan üretimdir. Fazla üretim mamullerin birikmesine, üretimdeki hataların gizlenmesine, kalite problemlerinin ortaya çıkmasına, teslimat sürelerinde gecikmelere neden olmaktadır. Fazla üretim kapasitenin üstündeki üretimdir. Aşırı üretimde terminlerin yetiştirilebilmesi adına fazla mesailer, ara stoklar ve planlama sıkışıkları nedeniyle oluşan planlama hataları birim maliyetlerin artmasına neden olur. Ayrıca aşırı üretim, terminlere yönelik yoğunluk ve baskı nedeniyle işletmelerin iyileştirme çalışmalarına odaklanamamalarına ve doğru stratejik hamleler yapamamalarına neden olmaktadır. Bunun için aşırı üretim tüm israflar içinde en tehlikeli israf olarak ifade edilmektedir.
- Hatalar: Müşterinin istekleri dışında üretilen ürünler ve yapılan işlemlerdir. Hatalı ürünlerin bir kısmı hurdaya ayrılırken bir kısmının ise yeniden işlenmesi gerekebilir. Hatalı üretim, kusurlar, ürün hataları, hurda ve tamirler gibi israflardır. Maliyet ve zaman kaybına neden olurlar. Bu da teslimatların gecikmesi, karın azalması gibi sonuçlar doğurabilir. Yetersiz kalite kontrol çalışması, eğitim eksikliği, müşteri isteklerini doğru anlayamama, standardizasyon eksikliğinden ortaya çıkabilir.
- Yanlış Kullanılan Kaynaklar: Bu israf esasında Toyota Üretim Sisteminde tanımlanmamış ve sonradan eklenmiş bir israf türü olmakla birlikte çok önemli bir israf türüdür. Çalışanların ve insan kaynakları dışındaki tüm kaynakların kabiliyet ve donanımlarına uygun alanlarda çalıştırılması yerine niteliklerine uygun olmayan alanlarda çalıştırılması bu israf kapsamında değerlendirilmektedir. Son yıllarda yapılan çalışmalarda işletmelerin devamlılığında insan kaynaklarının finansal zenginlikten daha önemli olduğu ifade edilmektedir. Bu nedenle özellikle insan kaynaklarının doğru yönetilmesi ve doğru şekilde bu kaynaklardan yararlanılması büyük önem arz etmektedir.

Yalın üretimin anlayışında öncelikle değerin müşteri açısından tanımlanması gerekir. Değer müşterinin satın almasını sağlayan özellikleri ifade eder. Mesela bir ürünün, müşterinin istediği renklerde olması müşterinin o ürünü almasını sağlayabilir. Yani üretim sürecindeki boyama işlemi müşteri açısından değer katan bir aktivitedir. Öte yandan üründeki kalite

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

kontrol işlemleri müşterinin bedel ödediği bir aşama değildir ve süreçten mümkün olabildiğince kaldırılması gerekmektedir. Kalite kontrol bakıldığı zaman gerekli bir aşama gibi görülse de önceki aşamalarda hata yapılmazsa kalite kontrol aşamasına da ihtiyaç duyulmayacak ve süreçten çıkarılabilecektir. Yalın üretim yaklaşımı beş ana prensipten oluşmaktadır (Womack, 2003). Bu prensipler kısaca şu şekilde açıklanabilir;

- Değerin Tanımlanması: Değer kavramı müşteri tarafından belirlenir ve her müşteri için farklı bir tanımı olabilir. Üreticiler de müşterilerin belirlediği bu değeri üretim süreçlerinde tanımlamaya ve tesis etmeye çalışırlar ancak bu çok da kolay bir iş değildir. Bunun için tüm süreçlerin ayrıntılı incelenmesi, analiz edilmesi ve uzman kişilerin görüşlerinin alınmasını gerektirir. Değer belirlendikten sonra değer oluşturmayan aşamalar da ortaya çıkartılmış olur. Böylece katma değer oluşturmayan işlerin süreçlerden çıkarılmasına yönelik tespit gerçekleştirilebilir.
- Değer Akışı: Değer akışı bir ürünü üretmek için hammaddeden bitmiş ürüne kadar ki süreçte, üreticiden müşteriye kadar olan tüm faaliyetleri içermektedir. Bu faaliyetler değer katan ve katmayan işler olabilir. Hemen her süreçte birçok israf bulunabilmektedir. Dolayısıyla verimliliğin sağlanması için bu israflar sistemden elimine edilmelidir. Değeri tanımlayıp israflar kaldırıldığında değer katan işlerin akış halinde gerçekleştirilmesini sağlamak yalın düşüncenin önemli bir ilkesidir.
- Sürekli Akış: Akış hammaddenin üretim süreci boyunca üreticiden müşteriye doğru, geriye dönüş gerektirmeyen hareketi olarak tanımlanabilir. Amacı darboğaz ve israfı ortadan kaldırarak verimlilik sağlamaktır. Akış için süreçler kesintisiz ve birbirleriyle bağlantılı olmalıdır. Akışı doğru şekilde hayata geçiren işletmelerde depolama, taşıma, stok gibi israflar ortadan kalkmış olur, bu da sürecin standart hale gelerek sistemin sorunsuz ilerlediği anlamına gelir. Bu sayede kalite ve verimlilik sağlanır. Ayrıca israflardan arındırılmış bir akış ile teslimat süreleri önemli ölçüde azalacak bu da işletmenin karlılığını artıracaktır.
- Çekme: Müşterinin çektiği kadar üretim yapılması ya da tedarik gerçekleştirilmesidir. Çekme işlemi işletme içindeki üretim emirlerinde ve tedarikçilerden yapılan alımlarda söz konusudur. Bu prensip müşterinin talebi sonrası üretim faaliyetlerinin tetiklenmesi ve çekme işlemlerinin gerçekleştirilmesi anlayışına dayanmaktadır. Müşteri istediği kadar ürünü son aşamadan çeker, son aşama da müşterinin çektiği kadar ürünü bir önceki aşamadan çeker. Bir ürünün üretilmesi için müşteri o ürünü talep etmelidir. Çünkü eğer üretilen ürün satılmıyorsa üretim yapmak anlamsızdır. Çekme sistemi bu adımda devreye girerek müşteri çekme yapmadan üretim yapılmaması üzerine kurulmuştur. İşletmeler çekme sistemini uyguladıklarında stoklar oluşmaz, kullanılan çalışma alanı maksimize edilir, fazla üretimin oluşturduğu israflar engellenir, talep değişimlerine hızlıca uyum sağlanarak esnek bir planlama gerçekleştirilebilir.
- Mükemmeliyet: İşletmedeki sürekli iyileştirme faaliyetlerinin her daim yapılabilmesi adına tüm çalışanlarda bunun temel bir anlayış haline getirilmesidir. Yalın üretim prensiplerine bakıldığında öncelikle değer tanımlandığı sonrasında tanımlanan değere göre bir akış oluşturulduğu görülür. Oluşturulan akışta müşteri istediği an ve miktarda ürünü çeker. Bununla birlikte tüm akış tetiklenmiş olur. Değer doğru şekilde belirlenmiş ve akış da en iyi şekilde tasarlanmış olsa bile zamanla yapılar değişmekte ve gelişmektedir. İşletmelerde mükemmellik sistemin tüm israflardan arındırılmış hale gelmesiyle oluşur. Mükemmellik teorikte basit gibi görünse de o noktaya ulaşmak pek mümkün değildir çünkü mükemmelliğin bir

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

sonu yoktur her zaman her yerde daha iyisi vardır. Ayrıca değişen koşullar yeni sistemler ve problemler anlamına gelir. Bu yüzden mükemmellik durumunu sürekli iyileştirme olarak görmek gerekir. Mevcut durum sürekli kontrol edilmeli ve hedefler sürekli güncellenerek daha iyisine ulaşmak hedeflenmelidir.

3. DEĞER AKIŞ HARİTALAMA

Değer akış haritalama (DAH), bir ürünün ya da ürün grubunun hammaddeden nihai tüketiciye ulaşmasına kadar geçen süreçteki tüm faaliyetlerin görselleştirilmesi ve analiz edilmesini sağlayan bir yöntemdir. Rother ve Shook (1999), değer akışını hem değer katan hem de değer katmayan tüm faaliyetlerin bir bütünü olarak tanımlamışlardır. Bu bağlamda DAH, değer akışındaki israf çeşitlerini tanımlamak ve bu israfları azaltmaya yönelik yalın üretim araçlarını belirlemek için kullanılan temel bir araçtır (Abdulmalek ve Rajgopal, 2007). Malzeme ve bilgi akışını görselleştirme sürecine dayanan DAH, iş süreçlerinde genellikle kağıt ve kalem kullanılarak çizilen haritalama yöntemiyle basit ve anlaşılır bir değerlendirme ve analiz imkanı sunar.

DAH, yalın üretim uygulamalarında kritik bir rol oynar. İlk adımda, iyileştirme çalışmaları için bir ürün veya ürün ailesi seçilir. Bu adım, analizin odak noktasını belirlemek ve daha sonra yapılacak çalışmaları bu çerçevede yönlendirmek açısından önemlidir. Sürecin bir sonraki aşamasında, mevcut durum haritası oluşturulur. Mevcut durum haritası, sistemin o anki işleyişini yansıtan bir "anlık fotoğraf" olarak düşünülebilir. Bu harita, sistemin güçlü ve zayıf yönlerini tanımlamak için bir temel oluşturur. Aynı zamanda, israfların tanımlanması ve sınıflandırılması için de güçlü bir araçtır. Mevcut durum haritası, belirli bir durumu açıklamak veya neden-sonuç ilişkilerini detaylandırmak yerine, sistemin genel bir görünümünü sunar. Bu harita, işlem süresi, teslim süresi ve ilk seferde kalite gibi kritik performans ölçütlerini içerir. İşlem süresi, belirli bir sürecin tamamlanması için gereken gerçek zamanı ifade ederken, teslim süresi tüm sürecin tamamlanması için geçen toplam süreyi (bekleme süresi dahil) ifade eder. İlk seferde kalite ise bir işlemin hatasız tamamlanma yüzdesini temsil eder (Kim ve diğerleri, 2006).

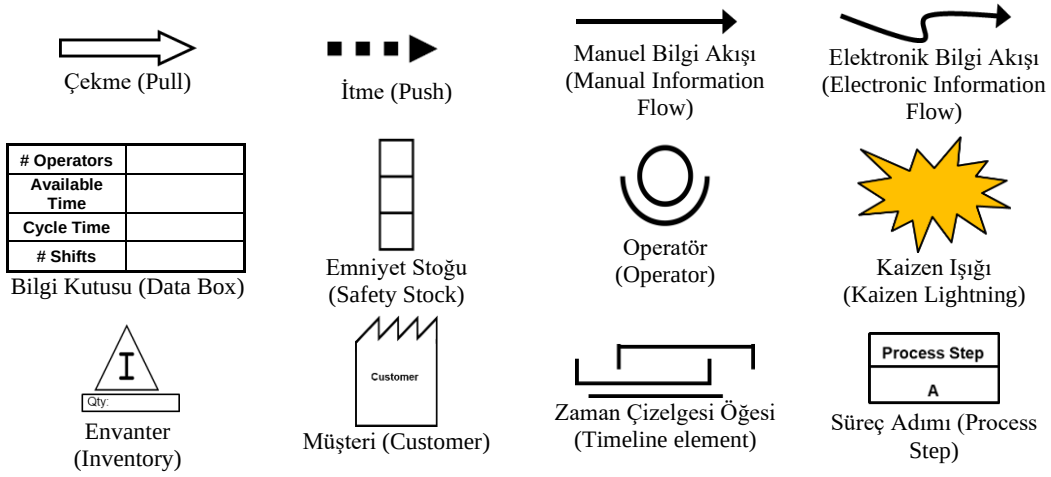
DAH sürecinin üçüncü aşaması, gelecekteki durum haritasının oluşturulmasıdır. Bu aşamada, sistemdeki yetersizlikler giderildikten sonra sürecin nasıl görüneceği detaylandırılır. Gelecek durum haritası, verimliliği artırmaya yönelik sorunları ele almak ve yalın araçların uygulanmasına dair teknik çözümler geliştirmek için oluşturulur. Bu süreç, bir dizi kritik sorunun yanıtlanmasını gerektirir. Bu sorular arasında takt zamanı belirleme, üretimin doğrudan teslim edilip edilmeyeceği ya da bir süpermarket tampon alanına ihtiyaç olup olmadığı, sürekli akışın nerelerde kullanılabileceği ve değer akışı içinde bir süpermarket çekme sisteminin gerekliliği gibi unsurlar yer alır. Ayrıca, üretim zincirindeki hangi noktanın üretim çizelgeleme için kullanılacağı, süreçte üretim hızının nasıl seviyelendirileceği ve bu süreçten hangi iş miktarının çekileceği gibi sorular da değerlendirilir. Son olarak, süreç iyileştirmelerine yönelik planlamalar yapılır. Bu soruların bir kısmı temel üretim yönetimiyle ilgiliyken, diğerleri otonom sistemlerin ve sürekli iyileştirme çalışmalarının (kaizen) uygulanmasıyla ilgilidir.

Mevcut ve gelecekteki durum haritaları arasında sürekli bir döngü bulunur. Bu döngü, süreçlerin ideal bir akışa ulaşmasını sağlamak için uygulama ve test yöntemlerine dayanır.

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

Yalın üretim uygulamalarının temelinde, bu döngünün sürekli olarak tekrarlanması ve her adımda süreçlerin optimize edilmesi yatmaktadır. Sürekli iyileştirme, yalın üretimin değişmez bir parçası olarak süreçlerin etkinliğini artırmayı hedefler. DAH, bu bağlamda yalnızca mevcut durumu analiz etmekle kalmaz, aynı zamanda sistemin gelecekteki potansiyel durumunu da tasarlayarak stratejik kararların alınmasına olanak tanır.

Değer haritası çıkarmak için öncelikle resmedilecek ürün ailesi seçilir. Ürün aileleri birçok ortak aşamadan geçen ve ortak ekipmanları kullanılan ürün gruplarıdır. Yapılacak iyileştirme için küçük partili ve birçok ürün ailesine dahil parçalar tercih edilmez. Seçilecek ürün ailesinin müşteri gözünden de ne kadar talep edildiği belirtilir. Ürün ailesi seçildikten, gerekli bilgilerin toplanma aşamasına geçilir. Bunun için tecrübeli çalışanlardan yardım alınır. Gerekli bilgiler toplandıktan sonra ürünün mevcut durum haritası çıkarılır. Mevcut durum haritası seçilen ürünün ilk aşamadan son aşamasına kadar olan bilgi malzeme insan ilişkilerini gösterir. Çizim yapılırken uygun sembollerden yararlanılır. Genellikle sondan başa doğru resmedilir. Harita yalnızca bir kişi tarafından çıkarılırsa verimli olabilir. Mevcut durumdan sonra yalın gelişimi sağlayan, değer katmayan faaliyetler çıkarılmış, amaçlanan gelecek durum haritası çizilir. Mevcut durum haritasındaki değer katmayan ve israf olarak nitelendirilen adımlar çizilen gelecek durum haritasına göre iyileştirilmeye çalışılır. Değer akış haritalamada farklı sembollerden yararlanılabilmektedir. Bu semboller Görsel 1'de gösterilmiştir. Buna göre operasyonlardaki çekme, itme, taşıma, depolama, bilgi akışı, malzeme akışı, depolama gibi faaliyetler ve akışlar mevcut ve gelecek durum haritalarında bu semboller yardımıyla gösterilebilmektedir.



Görsel 1. Değer akış haritalamada yararlanılan bazı temel semboller

Değer Akış Haritalama var olan bir sistem ya da süreç içindeki israfları tanımlamak, süreçleri-operasyonları optimize etmek ve nihai ürüne daha verimli bir şekilde ulaşmak için bir yol haritası sunar. Sürekli iyileştirme yaklaşımıyla DAH, üretim sistemlerinin daha etkin ve verimli hale gelmesine katkıda bulunur. Bu yöntem, yalın üretimin temel prensiplerini somut bir şekilde uygulayarak, işletmelerin hem maliyetleri düşürmesine hem de müşteri memnuniyetini artırmasına olanak tanır.

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

4. KİMYA SEKTÖRÜNDE BİR UYGULAMA

4.1. Uygulama Yapılan Firma ve İyileştirilme Alanları

Çalışma gerçekleştirilen firma 120 ülkede faaliyet gösteren ve dünya genelinde 50.000'den fazla çalışanı olan uluslararası işbirlikleri ve faaliyetleri olan bir kimya firmasıdır. Firmanın farklı üretim süreçleri söz konusudur. Uygulama gerçekleştirilen firmada yapıştırıcı imal edilmektedir. Bu ürün sanayi tipi yapıştırıcı olup, otomotiv ve metal işleme, ambalajlama ve tüketim ürünleri, elektronik ve endüstriyel ürünler gibi alanlarında kullanılmaktadır. Uygulama gerçekleştirilen fabrika yeni kurulan bir üretim tesisi olduğundan üretim hattında iyileştirmelere ihtiyaç olduğu düşünülmektedir. Bu nedenle gelişime en açık olan üretim hattı seçilmiştir. Bu süreçte veri toplamak için gözlemler gerçekleştirilmiş ve çalışanlara sorular sorulmuştur. Yapılan çalışmada seçilen ürün ailesine ait üretim süreci incelenerek bir parti ürüne ait üretimdeki süreler ve diğer veriler tek partiye göre hesaplanmıştır.

Bu süreç sonucu oluşan ürünler tek kullanımlık hijyen ve nonwoven endüstrisine yönelik ürünler olup, çocuk bezleri gibi kullanım alanlarına sahiptir. Cilt dostu ve güçlü yapışma gösteren ürünlerdir. Seçilen üretim sürecinde 25 farklı ürün oluşmaktadır. Ürün reçetesindeki malzemelere ve miktarlara göre ürünler farklılaşmaktadır. Ele alınan ürün için parti büyüklüğü 3696'dır. Üretim sürecinin başından sonuna kadar olan her aşamada kaç işçi çalışacağı sabittir ve üretime başlamadan önce belirlenmektedir. Fabrikada günde 8 saat olmak üzere 3 vardiya bulunmaktadır. 1 vardiyada 1 saat yemek molası çıkarıldığında 7 saat uygun çalışma zamanı vardır. Bu da toplamda 420 dakikaya eşittir. Üç vardiya için toplam çalışma süresi ise 1260 dakika olarak alınmıştır. Aylık toplam süre ise 37800 dakika olarak hesaplanmıştır.

Takt zamanı ürünün müşteri talebinin dayattığı zamandır. Yani ürünün üretilme süresi müşterinin istediği süreye göre ayarlanır. Takt zamanı stok tutulmadan kapasitenin en verimli şekilde kullanılmasının sağlar. Takt zamanını hesaplayabilmek için uygun zamanın yanında talep de bilinmelidir. Üretim ve üretim planlama departmanlarından elde edilen bilgilere göre ilgili ürün için aylık talep 996,5 ton olarak belirlenmiştir. Elde edilen bilgiler ışığında takt zamanı şu şekilde hesaplanmıştır;

Takt zamanı = (Çalışma süresi)/(Ortalama talep)

Aylık çalışma süresi: 37.800 dakika

Yıllık Talep: 996,5 ton

Aylık Ortalama Talep: 83,0416 ton

Takta Zamanı= (37.800) /83,0416= 455.193 dk.

Çevrim süresi iki bitmiş ürün arasındaki süreyi ifade eder. Çevrim süresi de takt zamanı da "ürünler arası zamanı" ölçer, ancak takt zamanı hattan çıkması gereken ürünler arası zamanı, çevrim süresi ise mevcut gerçekte ölçülen hattan çıkan ürünler arası zamanı ölçer. Takt zamanının çevrim süresinden daha fazla olması beklenmektedir. Çevrim süresinin olabildiğince düşük olması hatta değer yaratmayan faaliyetler için 0 olması istenir. Bu üretim sürecinde bir parti için çevrim süresi 446 dk'dır.

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

Hatalı ürün oranı da önemli bir performans ölçütüdür. Hatalı ürün sayısının fazla oluşu maliyeti arttırır ve aynı ürünün tekrar üretilmesini gerekli kıldığı için zaman kaybına neden olur. Eğer müşteriyle anlaşılan zamana mutabık kalınmazsa müşteriyle olan ilişkileri de olumsuz etkileyebilir. Hata oranı kalite ekibi tarafından belirlenir ve üretimin bu hatalı ürün oranı altında tutulması beklenir.

Verim oranı birim zamandaki üretilen birim ürün miktarıdır. Ele alınan süreçte 3696 birim ürün elde edilmektedir. Çevrim zamanı da 446 dk olduğundan dakikada elde edilen ürün sayısı; 3696 / 446 = 8,28 adet olarak hesaplanmıştır. Bu dakikada yaklaşık olarak 8 birim ürün üretildiğini ifade etmektedir.

Genel ekipman etkinliği (OEE) üretim sürecindeki önemli ölçütlerden biridir. OEE hesaplamak için aylık üretilen ürün adedine ihtiyaç vardır. Bu işletmede üretilen ürün miktarı müşteri taleplerine göre belirlenir. Müşteri talebi aylık 996,5 ton olduğundan üretilen miktarın da bu sayıya eşit olduğu söylenebilir.

Genel ekipman etkinliği = (Üretilen adet x çevrim süresi) / (Uygun zaman)

= (996,5 x 446) / 37800=11,75

Elde edilen veriler ve kısıtlar çerçevesinde yalın araçlar kullanılarak sistemin iyileştirilmesi ve bu iyileştirmelerin devamlılığı sağlanacak şekilde olması hedeflenmektedir. Yapılan araştırmanın asıl amacı üretim sürecini analiz ederek, yalın araçlar kullanarak iyileştirme yapmaktır. Bu iyileştirmeler için sistemdeki problemlerin analiz edilmesi gerekmektedir. İyileştirmeler sistemdeki değer katmayan aşamalar üzerinde yapılacaktır. Bu yüzden süreçteki değer katan ve değer katmayan aşamalar belirlenmiştir. Çizelge 1' değer kayan ve katmayan işlemler gösterilmektedir.

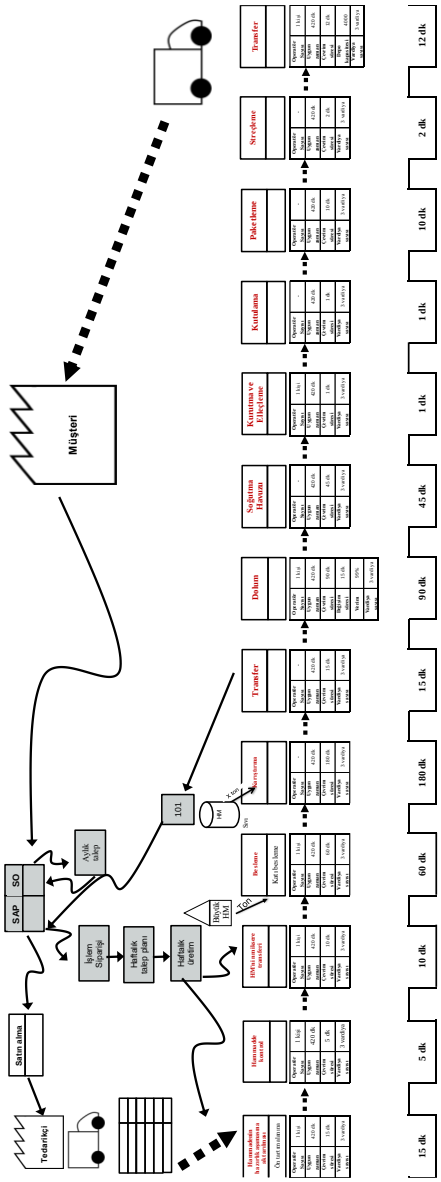
Çizelge 1. Değer katmayan işlemler

Süreç İsmi	**Değer Katma Durumu**	**Çevrim Süresi**
Hammaddenin hazırlık aşamasına aktarılması	Değer katmayan	15 dk
Hammaddenin kontrolü	Değer katmayan	5 dk
Hammaddenin miksere aktarılması	Değer katmayan	10 dk
Besleme	Değer katan	60 dk
Karıştırma	Değer katan	180 dk
Transfer	Değer katmayan	15 dk
Dolum	Değer katmayan	90 dk
Soğutma Havuzu	Değer katmayan	45 dk
Kurutma ve Elleçleme	Değer katmayan	1 dk
Kutulama	Değer katmayan	1 dk
Paketleme	Değer katmayan	10 dk
Streçleme	Değer katmayan	2 dk
Transfer	Değer katmayan	12 dk
TOPLAM		**446 dk**

Aşamaların sürelerinin yüzdesel olarak değerlendirilmesi sonucu değer katan aşamaların sürecin %54'ünü değer katmayan aşamaların ise %46'sını oluşturduğu görülmektedir. Neredeyse birbirine eşit olması sistemin geliştirilmeye açık olduğunu göstermektedir.

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

Yapılacak iyileştirmeler değer katmayan faaliyetlerin yüzdesini düşürmek için olacaktır. Görsel 2'de sürece ait mevcut durum haritası paylaşılmıştır.



Görsel 2. Mevcut Durum Haritası

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

Mevcut durumla ilgili tespitler ise şunlardır;

- Üretim Planının Oluşturulması: Süreç haftalık talep ve üretim çizelgesine göre plan oluşturulmasıyla başlamaktadır. Fabrikadaki planlama departmanı kapasite verilerini ana merkezden almaktadır. Ay cinsinden çalışılan günler hesaplanır ve hammadde ve kapasiteler kontrol edilir. Kapasite öncelikle 3 aylık bölümlere sonrasında ise aylık ve haftalık bölümlere ayrılır. Öncelikli veya acil bir üretim olup olmadığı kontrol edilir. Bu verilere göre uygun bir plan oluşturularak gerekli olan hammadde ve malzeme ihtiyacını belirlenir. Bu ihtiyaca göre satın alma departmanı gerekli hammadde ve malzemenin alımını gerçekleştirir. Ulaşan ürünlerin kontrolü yapılır. Gelen hammadde toz şeklindeyse hammaddelerin parçacık boyutu, ambalaj büyüklüğü, hammaddenin kalitesi gibi unsurlar dikkate alınmalıdır. Gelen hammaddelerin üretimine başlanmadan uygun kontrollerden geçerek depoya yerleştirilir. Bu yerleştirme özel olarak yapılmaktadır. Depoda her hammadde ve malzeme için ayrılmış özel bölümler vardır. Bu bölümler üretilecek ürün bazında sınıflandırılmıştır. Hammadde ve malzemeler fabrikaya ulaştığında lojistik departmanları ürünlerin girişini yapar ve depolama sistemi gelen hammadde ve malzemeler için otomatik olarak uygun bir yer atar. Böylelikle gereksiz taşımalar engellenmiş olur. Buradaki önemli faktörlerden biri hava koşullarıdır. Fabrika ortamının sıcaklığı, hava kalitesi, ortamdaki nem miktarının belirlenen seviyelerde olması gerekir. Bu faktörlerin uygun olmaması gelen hammaddenin bozulmasına sebep olabilir. Bu da tüm üretim sürecini olumsuz etkiler ve maliyet artışlarına sebep olur. Hammadde ve malzemeler depoya geldikten sonra planlama bölümü üretilecek ürün için üretim fişi keserler ve üretimin başlaması için onay verirler. Kesilen fiş lojistik bölümüne gönderilerek gerekli hammadde ve

malzemeler hazırlanır. Bu üretim fişleri lojistik bölümünden üretim bölümüne aktarılarak üretimin başlanması sağlanır. Bu fiş kesme ve iletme aşaması manuel olarak kâğıt kullanılarak yürütülmektedir.

- Hammaddenin Hazırlık Aşamasına Aktarılması: Üretimin ilk aşaması hammaddenin hazırlık aşamasına aktarılmasıdır. Depodaki hammadde ve malzemeler ihtiyaca göre depodan ilk giren ilk çıkar (FIFO) mantığıyla ön tartım alanına transpalet yardımıyla getirilir. Bir parti için gerekli malzemelerin hammadde depodan aynı kattaki depolama alanına taşınması 15 dakika sürmektedir. Taşımanın eksiksiz gerçekleşmesi için bu işlemi yapan çalışanlarda BOM ve üretim planına göre malzeme listesi olması gerekmektedir. Malzemelerin yüksek raflardan indirilebilmesi için asansör çalışır durumda olmalıdır. Transpaletlerin şarjlı ve bir aksilik durumuna karşı hızlı şarj için Lityum demir pil bulunmalıdır.
- Hammadde Kontrol: Gelen hammaddeyle ilgili partinin ürün ağacı ve sistemdeki üretim planıyla doğru eşleştiğini kontrol etmek gerekmektedir. Kontrol için malzeme üzerindeki kod barkod okuyucu yardımıyla okunur. Bu kontrol işlemi barkod okuyucuyla yapılır ve yaklaşık 5 dakika sürer. Gelen hammaddelerin kontrolü için önemli nokta barkod okuyucunun çalışır şekilde olmasıdır. Bunun için süreç başlamadan kontrol edilip çalışır olduğundan emin olmak gerekir.
- Hammaddenin Miksere Transferi: Kontrol aşamasını eksiksiz şekilde tamamlayan hammaddeler miksere taşınır. Malzemenin hazırlama alanından kanbanın dağıtım düzenine göre asansör aracılığıyla şarj istasyonlarına aktarılması için geçen süre 10 dakikadır. Miksere taşınan hammaddeler bu aşamadan sonra yerçekimi kullanarak hareket ederler. Bu sayede ekstra bir enerji kullanılmadan akışın kesintisiz olarak ilerlemesini sağlar. Bu da taşıma maliyetlerini ortadan kaldırır. Hammaddelerin miksere transferi için asansörün ve barkod okuyucunun çalışır durumda olması, transpaletin yeterli şarjının olması ve lityum demir pillerin bulunması kritik koşullardır. Makinenin tam verimde çalışması ve yapılacak sapmanın tolerans aralığında olması istenmektedir. Makinelerin tam verimde çalışmaması ya da yanlış üretim yapması sonucu hatalı ürün oluşabilir. Oluşan hatalı ürünler de hem maliyeti hem de ürünlerin üretilmesi için gereken süreyi arttırmaktadır.
- Besleme: Miksere transfer olan hammaddeler besleme aşamasına geçer. Yapılan besleme katı beslemedir. Hammaddeler, DCS'den akan reçetelere göre belirlenir. Operatör reçetede belirtilen hammaddeyi gerekli miktarda besledikten ve sistem gerekli ön koşulları sağladıktan sonra bu hammaddelerin mikserin içine bırakılmasına izin verilir. Beslenen hammaddeler vakum altında karıştırılır. Reçetelerde istenen vakum, karıştırma ve bekleme süreleri tamamlanınca mikserden numune alınır. Serbest akış ile operatör tarafından kontrolü yapılır. Uygunsa üretime devam edilir. Uygun değilse karışım ve vakum tekrarlanır. Bu aşama 60 dakika sürmektedir. Besleme aşaması değer katan bir aşamadır. Besleme aşamasındaki parametreler vakum, petrol için kullanılan sıvı malzeme için tank çiftliği, çözünürlük, katı şarj olukları, seviye, akış, valf konumları ve sıcaklık gibi proses adımlarını ve durumu kontrol etmek için DCS sistemidir.
- Karıştırma: Katı beslemeden sonra karıştırma aşamasına geçilmektedir. Karıştırma aşaması 180 dakika sürmekte olup, süreçteki darboğazı oluşturmaktadır. Karıştırma aşaması sürece değer katan bir aşamadır. Buradaki önemli koşullar DCS'deki

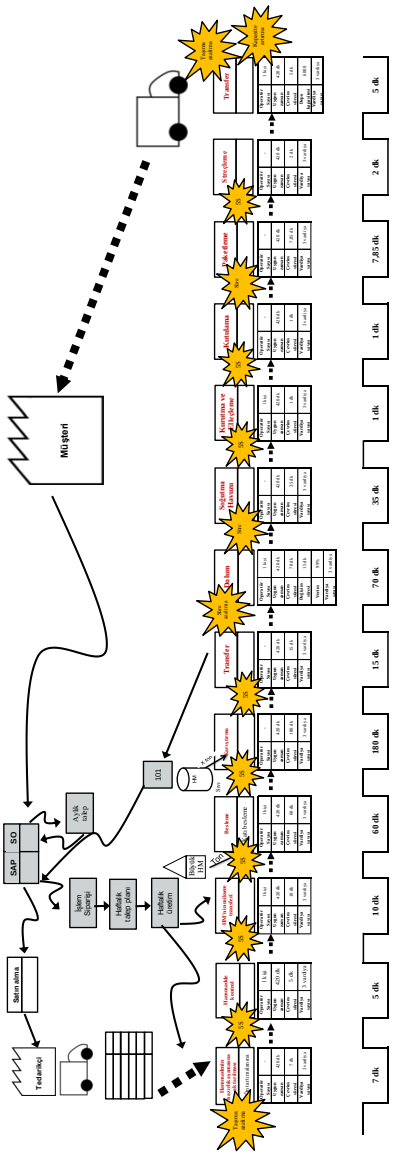
ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

karıştırma süresi, sıcaklık ayarı, vakum, petrol için kullanılan sıvı malzeme için tank çiftliği, çözünürlük, katı şarj olukları, seviye, akış, valf konumları ve sıcaklık gibi proses adımlarını ve durumu kontrol etmek için DCS sistemidir.

- Transfer: Karıştırmadan sonra yarı ürünler transfer edilir. Yarı ürünün tutma tankına transferi 15 dakika sürmektedir. Transfer aşamasına geçen ürünler için kritik koşullar zaman ve basınçtır.
- Dolum: Transfer aşamasından sonra ürünler dolum aşamasına geçerler. Burada bitmiş ürünlerin ambalaja dolumu gerçekleşir. Bu aşamada ürünlerin 1,5 kg'lık çaplara dolumu gerçekleşir. 1 koli içinde 11 çap bulunmaktadır ve 1 parti için 2464 adet çapın dolumu gerçekleştirilir. Dolumu yapılan ilk ürünlere kontrol yapılır. Şeklinden ve miktarından emin olduktan sonra bir adet numune alınır tartımı yapılır ve bu tartım işlemi belirli aralıklarla tekrarlanır. Bu aşama bir parti için 90 dakika sürmektedir. Dolum aşaması sürece değer katmayan bir aşamadır. Dolum aşamasında hava balonu ve ağırlık kritik koşullardır. Ayrıca kusurlu ürün sayısı da bu aşamayı etkilemektedir.
- Soğutma Havuzu Ambalaja dolan ürünler otomatik olarak bant yardımı ile soğutma havuzuna geçerler. Ürünlerin dolum sıcaklıkları 100°C – 140°C arasında değişiklik göstermektedir. Soğutma havuzundaki Su sıcaklığı ise 10-15 derece arasında olmalıdır. Ayrıca su seviyesinin çapların yüzebileceği şekilde olması gerekmektedir. Havuz suyunda bakteri üremesini engellemek amacıyla bir kimyasal eklenir. Havuz suyundan belirli aralıklarla numune alınır ve kalite testine gönderilir. Yapılan testte istenmeyen durumlar gözlenirse havuz suyu tahliye edilir ve yeniden doldurulması sağlanır. Buradaki soğutma işlemi 1 parti için 45 dakika sürmektedir. Soğutma havuzundaki sıcaklığın çok yüksek veya çok düşük olması ürünlerin burada geçirdikleri süreyi arttırabilir.
- Kurutma: Soğutma havuzundan sonra ürünler kurutma aşamasına geçerler. Kurutma işlemi 1 dakika sürmektedir. Kurutma aşamasındaki kritik koşul nem düzeyidir.
- Kutulama: Kurulama aşaması bittikten sonra ürünler kutulama aşamasına geçer. Buradaki kutulama işlemi robotik bir sistemle yapılır. Bu işlem de 1 dakika sürmektedir. Buradaki kritik koşul ise kutu makinesinin çalışır durumda olmasıdır. Bir kutuda ortalama 11 adet çap bulunmaktadır ve 1 partide 224 adet koli oluşmaktadır. Ortamdaki nem miktarının çok olması kutulama aşamasındaki kolilerin kalitesini düşürebilir.
- Paketleme: Kutulanan ürünler robotik kol yardımıyla paketlenir. Bu aşama 10 dakika sürmektedir. Oluşan ürünün ambalaj tasarımı ve ambalaj boyutu da bu süreçte dikkate alınmalı, ambalaj özelliklerine göre etiket seçimi yapılmalıdır.
- Streçleme: Paketlenmiş ürünle palete yerleştirilir ve paletin çevresi streçlenir. Bu aşama 2 dakika sürer. Bir partiden yaklaşık 7 palet ürün çıkmaktadır.
- Transfer: Tüm aşamaları tamamlayan ürünler artık müşteriye göndermek üzere manuel olarak depoya transfer edilir. Bu işlem de 12 dakika sürer.

Görsel 3'de gösterilen gelecek durum haritası ile birden fazla soruna çözüm getirilmesi amaçlanmıştır. Ancak bütçe ve zaman kısıtları yüzünden tüm sorunları çözmek mümkün olamamaktadır. Tanımlı bütçe ve süre kısıtları dikkate alınarak tüm olası iyileştirmeler yerine belirli-öncelikli alanlarda iyileştirmeler yapılması uygun görülmüştür. Bu nedenle

çalışmada en öncelikli alanlarda kapasite artırımı ve belirli süreçlerde çevrim süresinin azaltılması konularına odaklanılarak bu konularda iyileştirme faaliyetleri gerçekleştirilmiştir.



Görsel 3. Gelecek Durum Haritası

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

Mevcut durum haritası incelendiğinde ilk olarak dört farklı alanda iyileştirmeler yapılmasına karar verilmiştir. Bu kapsamda lojistik depo kapasiteye yönelik iyileştirme, transfer aşamasında transfer süresinin minimize edilmesine yönelik bir iyileştirme, çap değişikliği ile çevrim süresinin azaltılması ve son olarak yerleşimde karmaşıklığı azaltmaya yönelik 5S uygulaması ile gereksiz malzemelerin ayıklanması, yolların daha kullanılabilir hale getirilmesi ve işgücü verimliğinin artırılması amaçlanmıştır.

4.2. Lojistik Depo İyileştirmesi

İncelenen üretim sürecinde tamamlanan ürünler müşteriye teslim edilmeden önce lojistik depoda stoklanır. Bu stoklanma işleminde ürünler paletler üzerindedir. Lojistik depo 6000 palet alabilecek kapasitededir. Ancak bu 6000'lik kapasitenin yalnızca 4000'i verimli şekilde kullanılabilmektedir. Yani 2000 paletlik alan kullanım dışıdır. Bu sorunun sebebi ise palet ölçülerinin standart palet ölçülerinde tedarik edilememesidir. Buradaki kapasite yetersizliği sebebiyle fabrika deposu dışında harici depo kullanılmaktadır. 2 yıldır devam eden sorun, kullanılmayan alan nedeniyle optimal fayda ve depolama kaybına neden olmaktadır. Standart palet ölçüleri genellikle 80x120x110, 100x120x130 (genişlik, uzunluk, yükseklik) ölçülerinde üretilmektedir. Depo hareketleri ve maliyetler ile ilgili olarak mevcut tespit edilen bilgiler Çizelge 2'de verilmiştir.

Çizelge 2. Depo Hareketleri ve Maliyetler

Depo Hareket/Maliyet Bilgisi	Değer

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

Depo maliyeti	1,90 TL Ton/m3 (gün)
Harici depo maliyeti	2,3 TL Ton/m3 (gün)
Nakliye maliyeti	750 TL
Alış / Çıkış Maliyeti	11 TL
Aylık giriş yapan palet sayısı	1497 palet
Aylık çıkış yapan palet sayısı	1738 palet
Stoktaki toplam ağırlık	3.316.689 ton
Aylık gönderi sayısı	1750 palet
Depolanan palet sayısı (ana depo)	3984 palet
Depolanan palet sayısı (harici depo)	6000 – 3984= 2016 palet

Kapasite sorununu çözmek için tüm değişkenlerin dikkate alınması gerekmektedir. Fabrika içindeki deponun maliyeti 1,9TL iken harici olarak kullanılan deponun maliyeti 3 TL'dir. Bu maliyetler günlük olarak metreküp başına düşen maliyetlerdir. Depolar arası nakliye maliyeti de 750 TL'dir. Ana depoya giren ya da ana depodan çıkan paletler için palet başına 11 TL maliyet bulunmaktadır. Ana depoya aylık 1497 palet giriş yaparken 1738 palet çıkış yapmaktadır. Aylık depolar arası transfer 1750 palettir. Ana depoda kapasite probleminden ötürü 3984 palet depolanmaktadır geri kalan 2016 paletin depolanması ise harici depoda yapılmaktadır.

Ana depo kapasitesi tam olarak kullanılamadığı için ürünler harici depoda depolanmaktadır. Ürünlerin kullanılma zamanı geldiğinde harici depodaki ürünler ana depoya aktarılır ve bu sevkiyat ekstra taşımaya bu da ekstra maliyetlere neden olmaktadır. Ana depodaki kapasite tam olarak kullanılmış olsaydı, ürünler üçüncü yol kullanılmadan doğrudan ana depoda depolanabilirdi. Kapasitenin verimsiz kullanılmasının nedenlerini anlamak için kök neden analizi çalışması yapılmıştır. Analizin sonuçlarına bakıldığında uygulanması en olası çözümün tedarikçilerde anlaşma sağlanması olduğu görülmektedir. Tedarikçilerle sözleşme yapılırken satın alma departmanının standart palet ölçülerinin temini konusunda sözleşme yapması gerekmektedir. Depo kurulumlarında ileriye dönük analiz, kapasite açısından daha sağlıklı bir durumdur. Gerekli analizler ve sözleşmeler yapıldığında depo kapasitesinin verimliliği son derece artacaktır.

İyileştirme sonrası harici depo kullanımı kaldırılmış, ana depo tam kapasite şekilde kullanılmaya başlanmıştır. İyileştirme öncesindeki ve sonrasındaki maliyetler Çizelge 3'de paylaşılmıştır.

Çizelge 3. Depo İyileştirme Sonucunda Maliyet Karşılaştırması

Maliyetler	**İyileştirme Öncesi**	**İyileştirme Sonrası**
Ana depoya aylık giriş ve depodan çıkış yapan palet maliyeti	35.585 TL	35.585 TL
Aylık ana depo içi transfer maliyeti	54.750 TL	54.750 TL
Aylık ana depo depolama maliyeti	227.088 TL	342.000 TL
Harici depodan ana depoya taşıma maliyeti	63.000 TL	-
Harici depoya aylık giriş ve depodan çıkış yapan palet maliyeti	44.352 TL	-
Aylık harici depo depolama (elde tutma) maliyeti	181. 440 TL	-

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

TOPLAM	606.215 TL	432.335 TL

4.3. Transfer Aşamasının Otomatik Hale Getirilmesi

Gelen hammaddelerin hazırlık aşamasına aktarılması ve üretimi tamamlanan ürünlerin üretim bandından alınarak müşteriye teslim edilmek üzere depoya taşınması manuel olarak gerçekleşmektedir. Hammaddelerin üretim alanına taşınması üretim çalışanlarından biri tarafından yapılır. Hammaddeler paletlere yerleştirilerek üretim alanına getirilirler. Lojistik depo çalışanları bitmiş ürünleri elleçleyerek palet üzerine yerleştirir. Palet büyüklüğüne göre de transpalet veya forklift yardımıyla taşınır. Buradaki işin manuel yapılması işlerin süresini uzatmaktadır ve ekstra çalışan ihtiyacı oluşmaktadır. Bu sebeplerden dolayı bu adımların otomatikleştirilmesi için yeni bir proje oluşturulmuştur. Proje kapsamında otonom makinelerin satın alınmasına karar verilmiştir. Otonom makinelerin faydaları arasında;

- Otonom makineler sayesinde ihtiyaç duyulan işgücü azalır. Bu da işgücü için harcanan maliyetleri ortadan kaldırır.
- Otonom makineler normal makinelere oranla daha az enerji tükettiklerinden enerji maliyetleri azalır ayrıca çevre için daha az zararlıdır.
- İnsanlar kaynaklı hatalar ortadan kaldırılır. Otonom makineler gerekli işi yapmak için programlandıklarından hatalar minimize edilmiş olur. Ayrıca çalışanların maruz kalabileceği tehlikeli durumlar önlenmiş olur. Bu da daha güvenli çalışma ortamı olmasını sağlar.
- Otonom makineler normal makinelere göre daha uzun ömürlüdür ve daha az arıza çıkarır. Otonom makine kullanımı da bakım onarım için harcanan maliyetleri azaltır.
- Otonom makinelerde yapay zekâ ve veri analitiği kullanıldığından fabrikaların daha akıllı olmasını sağlar.
- Otonom makine kullanımına geçilmesinin en önemli faydası ise üretim sürecindeki hızı arttırmasıdır. İnsan gücüne göre çok daha hızlı ve verimli çalışırlar. Bu da ürünlerin müşteriye ulaşma hızını arttırır.

Sonuç olarak, otonom makinelerin üretim sürecinde bulunmasının birçok faydası vardır. Üretim sürecindeki işgücü, enerji ve bakım onarım gibi maliyetlerin azalmasını sağlar. Süreç otomatik hale gelerek oluşabilecek iş kazalarını veya hatalı ürün oluşumunu engeller. Herhangi bir çalışandan daha hızlı çalıştığı için de çevrim süresinin azalmasını sağlar. Bu sağladığı faydalardan ötürü de transfer aşamasında otonom makineler kullanılacaktır. Satın alınacak otonom forkliftler, otomatik kılavuzlu araçlar (AGV) kategorisinde bulunurlar. Bu araçlar fabrika veya depolarda bulunurlar, yapacakları işler için önceden programlanırlar ve bulundukları alanda belirlenmiş yolları takip ederek bir dizi sensör ve navigasyon teknolojisi kullanarak malzemeleri otomatik olarak taşırlar. Bunun sonucunda malzemeler insansız ve hızlı bir şekilde taşınmış olur. AGV forkliftler iş gücü maliyetlerini ve iş gücünden kaynaklanan hata maliyetlerini azaltırlar, bu araçlar sayesinde insan gücü kullanılmamış olur ve insanların yapabileceği hatalar önlenir. Daha az enerji tüketerek daha az CO_2 emisyonu sağlar. Agv forkliftler, normal forkliftlere kıyasla daha az yer ve kaynak gerektirirler. Bu da lojistik operasyonlarının daha verimli ve daha az maliyetli olmasını sağlar. Ayrıca daha hızlı oldukları için ve doğru konumlandırıldıklarında lojistik depo süreçleri daha verimli olur.

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

AGV forkliftlerin teknik özellikleri arasında lazer tarayıcılar, kameralar, ultrasonik sensörler, radarlar ve çeşitli diğer sensörler bulunur. Bu sensörler sayesinde forkliftlerin doğru programlandırılması ve lojistik faaliyetlerin eksiksiz şekilde yapılması sağlanır. Teknik özellikleri sayesinde forkliftler etrafındakileri algılayabilir ve buna göre hareket ederler. Bu da yapılan hareketlerin güvenli olmasını sağlar. AGV forkliftlerin yönetimi bir kontrol sistemi programı tarafından sağlanmaktadır. Bu sistemde forkliftlerin bulunduğu konumlar ve yapacağı hareketler programlanır. AGV forkliftler, otomatik depolama sistemleri ile birleştirilerek depo yönetimi işlemlerinin otomatikleştirilmesine olanak sağlamış olur. Satın alınacak forklift malzemeleri yukarı yönlü kaldırmak için tasarlanmıştır. 3.500- 6.000 mm arası yukarı kaldırma özelliğine sahiptir. Ayrıca 1500 kg'a kadar ağırlık kaldırma kapasitelidir. Lazer navigasyonu sayesinde paletleri hassas olarak kullanır. Üretim süreçlerine daha kolay entegre olması adına ERP ile bağlantı kurabilir. Aküsünde lityum iyon piller kullanılmış bu da ömrünün daha uzun olmasını sağlamıştır. Ayrıca forklift programlanırken rotasında bir engel gördüğü takdirde duruşa geçer ve araç üzerinde acil kapatma butonu bulunur. Bu da çalışanlar için güvenli bir çalışma ortamı oluşturmaktadır. Lojistik faaliyetleri kolaylaştırmak, hızlandırmak ve daha verimli hale getirmek adına kullanıma geçmesi planlanmıştır.

Üretim sürecinin ilk ve son aşamasındaki transfer adımlarının otonom araçlarla sağlanması süre olarak ciddi bir azalma sağlamaktadır. Şu an ki durumda ilk adımda ürünlerin transferi için 1 kişi çalışmaktadır ve ortalama 15 dakikada transfer son adımda ise 1 kişi çalışmaktadır ve ortalama 15 dakikada transfer yapılmaktadır. İyileştirilmiş halinde ise alınan otonom araçlar sayesinde ilk adımın süresi 7 son adımın süresi 5 dakikaya düşürülmüştür. Ayrıca bu aşamalar için herhangi bir çalışanın bulunmasına gerek olmaması maliyeti ve olabilecek kazaları da azaltmaktadır.

Çap Arttırma

Bu üretim süreci için kullanılan "çap" kelimesi ürünlerin doldurulduğu ambalajı ifade etmektedir. Halihazırdaki üretim sürecinde ürünlerin dolumu 1,5 kg'lık çaplara yapılmaktadır. Her partide toplam ortalama 3696 kg ürün oluşur ve bu da 2464 adet çap oluşumu demektir. Bu proje kapsamındaki amaç dolum yapılan 1.5 kg'lık çapların boyutunu ve koli içindeki ağırlığını arttırarak çevrim süresini azaltmaktır. Çap arttırma projesi kapsamında yapılması gereken değişiklikler olarak şu faaliyetler planlanmıştır;

- Ürünün reçete değişimi
- Kutu mukavemeti
- Kutu üzerine basılacak etiketlerin değişimi
- SAP sistemindeki değişiklikler

Yalın mühendisi ve üretim mühendisleriyle yapılan çalışmalar sonucu ürün çaplarının 2,1 kg olması planlanmıştır. Bu değişim sonucu bu ürünün müşterileri ile iletişime geçilip onlardan da gerekli onaylar alınmıştır. Test aşamasında bir partideki 3696 kg'lık ürünün 2,1 kg'lık çaplara dolumu gerçekleşmiştir. Dolum sonunda 1760 adet çap oluşmaktadır. Dolumu

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

yapılan ürünlerin kontrolü sağlanmış ve herhangi bir sorunla karşılaşılmamıştır. Birkaç hasarlı çap rework olarak tekrar üretim sürecine katılmıştır. Çapın boyutu arttığından daha az çap oluşumu sağlanmış ve bu da süreyi kısmen azaltmıştır. Gözlem sonucu 1 partinin çaplara dolumu yaklaşık 70 dakikada gerçekleşmiştir.

Dolumu yapılan ürünler soğutma havuzuna geçmektedirler. Bu aşama iyileştirme öncesi 1,5 kg'lık 2464 çap 45 dakika sürmekteydi. İyileştirme sonrasında ise gözlem sonuçlarına göre 2,1 kg'lık 1760 çap için yaklaşık 35 dakika sürmektedir. Kutulama aşamasında ise, kolilerin tedarik edildiği tedarikçi ile anlaşılarak kutuların taşıma kapasitesi %30 arttırılmıştır. Bu sayede 1 kolinin taşıma kapasitesi 21,45 kg'a çıkartılmıştır. Kutulama aşmasına gelen 1760 adet çapın kutulara yerleştirilmesi için;

1 çap ağırlığı: 2,1 kg

Kutunun taşıyabileceği maksimum ağırlık: 21,45

21,45/2,1=10,19 olarak bulunmuştur.

Çap sayısı kesirli olamayacağından bir kutuya en fazla 10 adet çap yerleştirilebilir. Bu da yaklaşık 176 kolinin oluşması demektir. Burada yerleştirme işini robotik sistemle yaptığından, bir koliye yerleştirilecek ürün sayısı değiştiği için yazılımları yeniden kodlanmalıdır. Bunun için robotların alındığı firmadan ekstra bir hizmet alınması gerekir. Yazılımların kodlanması sonrası süre yine sabit kalarak 1 dakika sürmektedir.

Kutulara yerleştirme işlemi tamamlandıktan sonra kolilerin paketlenme aşamasına geçilir. Ürünlerin paketlenmesi yine robotik kol yardımıyla yapılır. Buradaki yazılımın da güncellenmesi gerekir. Buradaki paketleme işlemi de 7,85 dakika sürmektedir. Koli sayısı azaldığı için süresi de azalmıştır.

Paketlenme aşaması sonrası ürünler palete yerleştirilerek çevresinin streçlenmesi sağlanır. Bir palete 32 adet koli yerleştirilmektedir. Bunun için 5,5 adet palet ihtiyacı bulunmaktadır. Yani 2 parti için 11 palet kullanılacaktır. Buradan artan paletler başka bir üretim sürecinde değerlendirilebilir. Bu 5,5 adet palet için bir paletin yerleştirilme süresi koli sayısı değişmediği için yine 2 dakikadır. Bu proje sonucunda değer katmayan aşamaların süreç içindeki yüzdesi 40'a düşmüş değer katan aşamalar ise 60'a yükselmiştir. Ayrıca sürecin toplam süresi 399 dakikaya indirilmiştir. Bu da bir parti ürün için yaklaşık 45 dakika zaman kazancı sağlamıştır.

Aşağıda Çizelge 4'de iyileştirmeyle ilgili olarak öncesi ve sonrası değerler paylaşılmıştır.

Çizelge 4. Çap İyileştirme Sonuçları

Parti-Çap ve Koli Bilgileri	İyileştirme Öncesi	İyileştirme Sonrası
Parti büyüklüğü	3696 kg	3696 kg
Çap boyutu	1,5 kg	2,1 kg
Partideki çap sayısı	2464	1760
Dolum süresi	90 dk	70 dk
Kolilerdeki çap sayısı	11	10
Koli ağırlık	16,5 kg	21 kg
Koli sayısı	224	176
Palet sayısı	7	5,5

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

4.4. Düzenleme ve Yerleşime Yönelik İyileştirmeler

Üretim sahasında bazı gereksiz aletler, malzemeler ve yedek parçalar karmaşaya neden olmaktadır. Bu kapsamda 5S çalışması gerçekleştirilerek gereksiz malzemelerin ortadan kaldırması, hareket ve depolama sahalarının daha net tanımlanması ve etiketlemeler ile gereksiz hareketlerin azaltılması, taşıma sürelerinin minimize edilmesi ve işgücü verimliliğinin artırılması amaçlanmıştır. Bu kapsamda 5S uygulaması hayata geçirilmiştir.

5S iş yerlerinde temiz, organize ve verimli bir çalışma ortamı yaratmaya yarayan sistematik bir yaklaşımdır. 5S'e adını veren Japonca'daki Seiri, Seiton, Seiso, Seiketsu, Shitsuke sözcüklerinin baş harfleridir. Bu kelimeler ise sırasıyla ayıklama, düzen, temizlik, standartlaştırma ve sürdürme anlamlarına gelmektedir. 5S kapsamında ilk olarak dağınıklığı önlemek için gereksiz her şey ortadan kaldırılır. Gereksiz maddeler ortadan kaldırıldıktan sonra, gerekli ögelerin daha kolay kullanıma sahip olması açısından uygun yerler belirlenir ve buraya yerleştirilir. Çalışma alanının düzenli tutulması için temizlenir. Bu aşamalarla alakalı sürekliliği sağlamak amacıyla prosedür ve uygulamalar oluşturulur ve bu prosedürlere uygun olarak devamlılık sağlanır. Bu süreçte sürekli gözlemler sonucu iyileştirmeler sürekli olarak sürdürülür. Ele alınan çalışmada bir aşama için değil tüm süreç için 5S uygulanacaktır. Çalışma kapsamında fabrikanın üretim ortamında yapılan 5S çalışmaları;

- Seiri-Ayıklama: Yapılan ilk şey bölgede ihtiyaç duyulmayan her şeyi atmaktır. Gereksiz olan şeyler atıldıktan sonra çalışma alanındaki tüm araçlar gözden geçirilerek yalnızca temel olarak saklanmış ve geri kalan her şey ya saklanmış ya da atılmıştır. Bu ayıklama için öncelikli olarak gerekli ve gereksiz nesneler için kriterler tanımlanmıştır. Tanımlama sonucundaki gereksiz ögelere kırmızı etiketler yerleştirilmiştir. Kırmızı etiketli ögeler toplanarak belirlenen kırmızı etiket alanına taşınmış sonrasında atılmıştır. Son olarak düzensizliğe neden olan nedenler belirlenmiş ve düzeltilmeye çalışılmıştır. Ögeleri sıralamak için kurallar şunlardır;
    - Her zaman kullanılır: Günlük ihtiyaç duyulan çalışanların elinin altında durması gereken ürünlerdir. Tüm ögeler iş istasyonlarında gerekli miktarda kalırlar. Her ögeye neden ihtiyaç duyulduğunun nedeni açık şekilde belirtilmelidir.
    - Bazen kullanılır: haftada birkaç kez kullanılan ürünlerdir. Yaygın olarak kullanılan bir yerde gerekli kadar depolanır ancak doğrudan iş istasyonunda saklanmazlar.
    - Nadir kullanılır: ayda birkaç kez kullanılan ürünlerdir. Merkezi bir yerde veya depoda saklanırlar.
    - Diğer kategori: atılacak veya kırmızı etiketli ürünlerdir. Karantina alanında bulunurlar.
- Seiton-Düzenleme: Tüm gereksiz ögeler kaldırıldıktan sonra her şeye bir yer tanımlanma aşamasına geçilmiştir. Tüm ögeler için gerekli miktar ve boyutta yer ataması yapılmıştır. Zemin işaretleme gibi görsel yönetim kurulmuştur. Çalışanların tüm kişisel eşyaları tanımlanmış yerlere yerleştirilmiştir. Yer tanımlama için kullanım sıklığına ve miktarına karşılık gelen konumlar atanmıştır.

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

- Seiso-Temizlik: her şey standart olarak tanımlanabilecek bir seviyede temizlenmiştir. Tüm temizlik malzemelerini depolamak için özel bir konum belirlenmiştir. Alanlarda derinlemesine temizlik yapılarak belirli temizlik hedefleri belirlenmiştir. Buna uygun temizlik programı belirlenerek kişilere atanmıştır. Devam eden günlük temizlik rutinleri için prosedürler oluşturulmuştur. Temizlik yaparken kusurları incelenmiş ve çözümler bulunmuş, daha sonra çözülmesi gerekenler için ilgili kusurları etiketlenmiştir.
- Seiketsu-Standartlaştırma: Fabrika görsel yönetimi ve 5S el kitabından tanımlanmış kurallara göre tüm konumlarda görsel standartlar uygulanmıştır. Tanımlanmış standartlar, açık ve doğru şekilde tanımlanmış ve herkes tarafından bilinmektedir. Standartlar, değişikliklerin doğal, standart ve tutarlı davranış haline gelmesini sağlayarak, sürdürülebilirlik ve gelecekteki iyileştirmeler için bir temel belirlerler. Alanlar için günlük 5S için net rutinler yazılarak orada çalışan kişi bu rutinleri yerine getirmeye çalışmaktadır. Standardizasyonu sağlamak için ise poka-yoke ve görsel kontroller uygulanmıştır.
- Shitsuke-Sürdürme: bu aşamada ilk olarak yapılan 4S'e odaklanılarak eski yollara geri dönüşe izin verilmeden kademeli olarak sürdürülebilirlik sağlanmıştır. 5S denetimleri gözden geçirilerek çalışanlara açıklamalar yapılmış ve çalışanlar 5S'i sürdürme konusunda yönlendirilmiştir. İlgili kişilerin kontrol listelerine gemba yürüyüşü eklenmiştir. Çalışanlardan geri bildirimler toplanarak standardı korumak ve iyileştirmek için çalışmalar yapılmıştır.

5S çalışmalarını sürdürme kapsamında her operasyonel pozisyon için günlük görevler belirlenir. 5S aktiviteleri makine çalışırken yapılır. Gemba yürüyüşleri sırasında süreç günlük olarak gözden geçirilmektedir. Buradaki temel unsur 5S'i fabrikadaki günlük çalışma kültürüne yerleştirmektir. Aylık olarak yalın takımı denetlemeler yapmaktadır. Fabrikadaki 5S stiline ve görsel standartlara uygun bir rehber oluşturularak tüm şablonlar ve standartlar belirlenmiştir.

Ayıklama aşaması sayesinde gereksiz nesneler kaldırılmış, arama süresi yolları ve miktarları azalmış, yapılan temizleme faaliyeti gözle görülebilir hale gelmiş ve işgücü verimliliği artmıştır. Sistematik bir düzenleme yapıldığından bir şeyleri bulmak ve neyin eksik olduğunu belirlemek daha kolay hale gelmektedir. Ögeleri doğru yerde tutmak düzen ve alan yaratmaktadır. Etiketler, renkler ve ana hatlar görsel güçlendirme sağlamıştır. Gerekli şeyleri yakında tutmak hareketi en aza indirmiştir. İş istasyonları için yapılan düzenlemede eşyalar mümkün olduğunca yerden uzak tutulmaya çalışılmış, aletler kullanım noktasında ihtiyaç duyuldukları yere konulmuş, ortam mümkün olduğunca basitleştirilmiştir. Bu koşullar sağlanırken güvenlik ve ergonomi göz önünde bulundurulmuştur. İş yerinin temiz tutulması problemlerin (sızıntılar, titreşimler, arızalar, yanlış hizalama vb.) daha kolay tespit edilerek daha hızlı giderilmesini sağlamıştır. Standartlaştırma aşamasında amaç Resmi bir denetim sistemi sonuçları izleyerek ve kazanılan ivmeyi korumayı sağlamaktadır. Prosedürlere uygun olarak iş yeri ortamı temiz ve düzenli tutulmuştur. Tüm bu yapılan çalışmaların en önemli noktası devamlılığın sağlanmasıdır.

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

5. SONUÇ

Bu çalışmada, kimya sektöründe önde gelen bir firmanın üretim süreçlerinin yalın üretim anlayışı çerçevesinde iyileştirilmesi amacıyla değer akış haritalama (DAH) yöntemi kullanılmıştır. Yalın üretim prensipleri doğrultusunda, mevcut süreçler analiz edilmiş ve değer yaratmayan aşamaların azaltılmasına yönelik iyileştirme projeleri hayata geçirilmiştir. Bu bağlamda, lojistik depo iyileştirmeleri, otomasyon uygulamaları, çap büyüklüğünün artırılması ve 5S uygulamaları gerçekleştirilmiştir. Her bir iyileştirme alanı, sürecin verimliliğini artırma, israfları azaltma ve işletmenin maliyet avantajını artırma amacıyla detaylı bir şekilde ele alınmıştır.

Lojistik depo iyileştirmesi kapsamında, standart olmayan palet ölçülerinden kaynaklanan kapasite kullanım sorunları tespit edilmiş ve standart palet ölçülerine geçiş yapılmıştır. Bu değişim sayesinde depo kapasitesi tam olarak kullanılabilir hale gelmiş ve harici depo kullanımına gerek kalmamıştır. Harici depo kullanımının ortadan kaldırılması, taşıma ve depolama maliyetlerinde önemli bir düşüş sağlamış, bu da işletme için yıllık anlamlı bir tasarruf yaratmıştır. İyileştirmeden önce kapasite yetersizliğinden ekstra depo ile birlikte toplam 606.215 TL bir maliyet söz konusu iken iyileştirme sonrası ekstra depo kullanımını ortadan kaldırarak maliyet 432.335 TL'ye düşürülmüştür. Bu da firma için aylık 173.880 TL'lik bir kazanç anlamına gelmektedir. Bu iyileştirme ile lojistik süreçlerdeki darboğazlar giderilmiş ve depo yönetimi daha etkin bir hale getirilmiştir.

Transfer süreçlerinin otomasyon yoluyla iyileştirilmesi, süreçlerin hızını artırmış ve çalışanların gereksiz fiziksel hareketlerini azaltmıştır. Otonom araçlar sayesinde hem üretim başlangıcı hem de bitiş aşamasındaki transfer süreleri kısaltılmış, iş gücünden kaynaklanan hatalar ve iş kazası riskleri minimize edilmiştir. Bu araçlar sayesinde taşıma sürelerinin minimize edilmesi sağlamıştır. 15 dakika olan ilk aşama 7 dakikaya, 15 dakika olan son aşama ise 5 dakikaya düşürülmüştür. Bu iyileştirme yalnızca süreç sürelerini azaltmakla kalmamış, aynı zamanda daha güvenli ve verimli bir çalışma ortamı oluşturmuştur. Otonom makinelerin uzun vadeli maliyet avantajı ve sürdürülebilir enerji kullanımı, işletmenin çevresel sorumluluklarına katkıda bulunmuştur.

Çap boyutlarının artırılması, üretim sürecindeki dolum, soğutma, kutulama ve paketleme gibi aşamalarda önemli zaman tasarrufları sağlamıştır. Çap büyüklüğünün artırılmasıyla, dolum işlemleri daha kısa sürede tamamlanmış, soğutma havuzunda geçirilen süre azalmış ve paketleme süreçleri daha verimli hale gelmiştir. İyileştirme öncesi 446 olan çevrim süresi 399 dakikaya indirilmiştir. Bu da %10.5'lik bir azalmaya denk gelmektedir. Yapılan bu değişiklikler değer yaratmayan aşamalarda yapılmıştır. Bu sayede değer yaratmayan faaliyetlerin süresi %6 azalarak 159 dakikaya inmiş, değer yaratan faaliyetler ise %6 artarak sürecin daha verimli hale gelmesini sağlamıştır. Ayrıca, yeni çap boyutlarıyla ürünlerin lojistik operasyonları da optimize edilmiş, taşıma ve depolama süreçlerinde ek faydalar da elde edilmiştir.

Çalışmada 5S prensipleri belirlenerek bu prensiplere uygun bir çalışma ortamı düzenlenmiştir.5S uygulamaları, üretim ortamında düzeni sağlamış, gereksiz malzemelerin kaldırılması ve iş istasyonlarının optimize edilmesiyle verimlilik artışı sağlamıştır. Bu sistematik düzenleme sayesinde arama ve taşıma süreleri kısalmış, işgücü verimliliği

artırılmış ve çalışanlar için daha ergonomik bir çalışma ortamı oluşturulmuştur. 5S uygulamalarının devamlılığı için standart prosedürler ve düzenli denetim mekanizmaları devreye alınmış, bu da süreçlerin sürekli iyileştirilmesine zemin hazırlamıştır. Çalışanlar 5S prensipleri hakkında bilgilendirilmiş konuyla alakalı panolar oluşturulmuş, bu sayede sürekli farkındalık sağlanmıştır. Bu uygulamalar sayesinde sürecin daha temiz ve düzenli olması çalışanlar için daha ergonomik ve güvenli bir ortam oluşturulması sağlanmıştır.

Yapılan tüm iyileştirmeler sonucunda, değer yaratmayan süreçlerin sürecin toplamındaki oranı %46'dan %40'a düşmüş, değer katan süreçlerin oranı ise %54'ten %60'a yükselmiştir. Ayrıca, süreç toplam süresi 446 dakikadan 399 dakikaya indirilerek bir parti üretimi için yaklaşık 45 dakikalık bir zaman tasarrufu sağlanmıştır. Bu, müşteri taleplerine daha hızlı yanıt verilmesini mümkün kılmış ve üretim kapasitesinin artırılmasına katkıda bulunmuştur.

Gerçek hayat uygulamasına yönelik olan bu çalışma, yalın üretim anlayışının kimya sektöründe nasıl etkili bir şekilde uygulanabileceğini göstermektedir. Değer akış haritalama yöntemi, israfları tanımlamak ve iyileştirme fırsatlarını belirlemek için etkili bir araç olarak öne çıkmıştır. Bu yöntem, hem mevcut durum analizinde hem de gelecekteki durumun planlanmasında işletmelere rehberlik edebilecek kapsamlı bir yaklaşım sunmaktadır. Uygulanan iyileştirme çalışmaları, süreçlerin etkinliğini artırmakla kalmamış, aynı zamanda işletmenin sürdürülebilirlik hedeflerine de önemli katkılar sağlamıştır. Bu çalışmanın bulguları, yalnızca ele alınan firma için değil, aynı zamanda benzer üretim süreçlerine sahip diğer işletmeler için de yol gösterici niteliktedir. Yalın üretim prensiplerinin etkin bir şekilde uygulanması, işletmelerin rekabet gücünü artırmak, maliyetleri düşürmek ve müşteri memnuniyetini sağlamak için kritik bir strateji olarak değerlendirilmektedir. Ayrıca, yalın üretim uygulamalarının işletmelerde çalışanlar arasında iş birliğini artırarak organizasyonel kültüre de olumlu etkiler sağladığı görülmüştür.

Sonraki çalışmalar, farklı sektörlerdeki üretim süreçlerinin yalın üretim anlayışıyla ele alınarak daha geniş bir perspektifte değerlendirilmesini sağlayabilir. Ayrıca, teknolojik gelişmelerin ışığında daha ileri düzey otomasyon uygulamalarının yalın üretim süreçlerine entegrasyonu üzerine yapılacak araştırmalar, işletmelerin dijital dönüşüm süreçlerine de katkıda bulunacaktır. Sonuç olarak, yalın üretim anlayışı ve değer akış haritalama yönteminin, günümüzün dinamik ve rekabetçi iş dünyasında işletmeler için bir rehber olmaya devam edeceği açıktır.

KAYNAKÇA

1. Abdulmalek, F. A., & Rajgopal, J. Analyzing the benefits of lean manufacturing and value stream mapping via simulation: a process sector case study. International Journal of Production Economics, 107(1), 223-236, 2007.
2. Bateman, R. Public Sector Human Resource Management Reform Across Countries: From Performance Appraisal To Performance Steering. European Journal of International Management, 3(4), 495-511, 2009.

3. Dickson, E. W., Singh, S., Cheung, D. S., Wyatt, C. C., & Nugent, A. S. Application of lean manufacturing techniques in the emergency department. The Journal of Emergency Medicine, 37(2), 177-182, 2009.
4. Freire, J., & Alarco´n, L. F. Achieving lean design process: improvement methodology. *Journal of Construction Engineering and Management*, 128(3), 248-256, 2002.
5. Havn, E. J. P., Womack, D. T., Jones, D. T., & Ross, D. *The Machine that Changed the World*. Rawson Associates, New York, 323 pp., 1990.
6. Kim, C. S., Spahlinger, D. A., Kin, J. M., & Billi, J. E. Lean health care: What can hospitals learn from a world-class automaker?. *Journal of Hospital Medicine*, 1(3), 191-199, 2006.
7. Lacerda, A. P., Xambre, A. R., & Alvelos, H. M. Applying Value Stream Mapping to eliminate waste: a case study of an original equipment manufacturer for the automotive industry. *International Journal of Production Research*, 54(6), 1708-1720, 2015. doi.org/10.1080/00207543.2015.1055349.
8. Melton, T. The Benefits of Lean Manufacturing. *Chemical Engineering Research and Design*, 83(6), 662–673, 2005. doi.org/10.1205/cherd.04351.
9. Ohno, T., & Bodek, N. *TPS*. Productivity Press, 2019. doi.org/10.4324/9780429273018.
10. Okur, A. S. 2000'li Yıllarda Türkiye Sanayii İçin Yapılanma Modeli: Yalın Üretim. İstanbul: Vira Reklam Yayım, 2005.
11. Özkan, K., Birgün, S., Kılıçoğulları, P., & Akman, G. Responding to customer requirements with value stream mapping: an automotive industry application. *Proceedings of the 35th International Conference on Computers & Industrial Engineering*, Istanbul, Turkey, 19-22 June, 1517-1522, 2005.
12. Rand, G., Womack, J., & Jones, D. T. Lean Thinking-Banish Waste and Create Wealth in Your Corporation. *Journal of the Operational Research Society*, 48(11), 1148, 1997. doi.org/10.2307/3010314.
13. Rother, M., & Shook, J. *Learning to See*. Lean Enterprise Institute Inc., Brookline, MA, 1999.
14. Schmidtke, D., Heiser, U., & Hinrichsen, O. A simulation-enhanced value stream mapping approach for optimisation of complex production environments. *International Journal of Production Research*, 52(20), 6146–6160, 2014. doi.org/10.1080/00207543.2014.917770.

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

15. Shukla, A. Fat Results From Lean Implementation. *Journal of Plant Engineering.*, 2005.
16. Womack, J. P., & Jones, D. T. *Lean Thinking*. Simon & Schuster, New York, 2003.

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

YAPI İNŞAAT SEKTÖRÜNDE KALİTE FONKSİYON YAYILIMI VE HATA TÜRÜ ETKİLERİ ANALİZİ İLE KİŞİSEL KORUYUCU DONANIMLARIN DEĞERLENDİRİLMESİ

Doç.Dr. Yusuf Sait TÜRKAN
İstanbul Üniversitesi - Cerrahpaşa
ysturkan@iuc.edu.tr – 0000-0001-7240-183X

İzzet CALAYOĞLU
Ankara Üniversitesi
izzetcalayoglu@gmail.com – 0009-0001-2642-8940

İnşaat sektöründe meydana gelen iş kazaları, sektör için büyük bir problemdir. İş kazalarının önüne geçebilmek ve kazaların çalışanlar üzerinde neden olabileceği yaralanma, can kaybı gibi etkileri azaltabilmek için kişisel koruyucu donanımların kullanımı büyük önem teşkil etmektedir. İnşaat sektöründe en sık rastlanan iş kazaları ile kişisel koruyucu donanımların ilişki düzeyinin incelendiği bu çalışmada, Kalite Fonksiyon Yayılımı yönteminden yararlanılmıştır. Buna göre kaza olasılıkları ve etkileri iki farklı kalite evinde incelenerek Hata Türleri ve Etki Analizinden de yararlanılarak kişisel koruyucu donanımların kazaların olasılık ve etkilerini ne düzeyde azaltabileceği incelenmiştir. Ortaya konulan hibrit yöntem ile kişisel koruyucu donanımların inşaat sektöründe kullanımlarına yönelik önem seviyeleri ve öncelikleri belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: İnşaat Sektöründe Kişisel Koruyucu Donanımlar, Kalite Fonksiyon Yayılımı, Hata Türü ve Etkileri Analizi

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

EVALUATION OF PERSONAL PROTECTIVE EQUIPMENT WITH QUALITY FUNCTION DEPLOYMENT AND FAILURE MODE AND EFFECTS ANALYSIS IN THE BUILDING CONSTRUCTION SECTOR

ABSTRACT

Work accidents in the construction sector present a significant problem for the industry. In order to prevent work accidents and reduce the effects of accidents on employees such as injuries and loss of life, the use of personal protective equipment is of great importance. In this study, where the relationship between the most common work accidents in the construction sector and personal protective equipment is examined, the Quality Function Deployment (QFD) method was used. Accordingly, accident probabilities and effects were examined in two different quality houses and the level to which personal protective equipment can reduce the probability and effects of accidents was examined by using the Failure Modes and Effects Analysis (FMEA). The hybrid method presented in this study enabled the determination of the importance levels and priorities of personal protective equipment for use in the construction sector.

Keywords: Personal Protective Equipment in the Construction Industry, Quality Function Deployment, Failure Mode and Effects Analysis

1. GİRİŞ

İş kazaları, tüm dünyada hem insan hayatında ciddi kayıplara yol açabilen hem de büyük ekonomik zararlara neden olan çok önemli bir problemdir. İnşaat sektörü, dinamik yapısı ve yüksek riskli çalışma koşulları nedeniyle bu kazaların en sık ve en ölümcül şekilde yaşandığı en riskli sektörlerden biridir (Hadikusumo, 2006; Sehsah, vd., 2020). Türkiye'de meydana gelen ölümlü iş kazalarının yaklaşık üçte biri inşaat sektöründe gerçekleşmektedir. Türkiye Sosyal Güvenlik Kurumu istatistiklerine göre, Türkiye'de 2020 yılında meydana gelen iş kazalarının yaklaşık %11'i inşaat sektöründe meydana gelmiştir (SKG, 2022). Bununla birlikte Türkiye'de tüm mesleki sektörlerde toplam ölüm sayılarında ise inşaat sektörü en fazla ölümün gerçekleştiği sektör olmuştur. 2020 inşaat sektöründe 347 ölümlü kaza gerçekleşmiş olup (SGK, 2022) bu oran tüm ölümlü kazaların %28'ini oluşturmaktadır. Bu istatistikler, inşaat sektöründe iş sağlığı ve güvenliği çalışmalarının önemini bir kez daha gözler önüne sermektedir.

İnşaat sektöründe ortaya çıkan iş kazalarının çok farklı türleri ve alt nedenleri vardır. Bu kazaların başlıca nedenleri arasında düşme, elektrik çarpması, ağır ekipman kazaları ve iş makinesi kazaları bulunmaktadır. Özellikle düşme kazaları, ölümlü iş kazalarının en yaygın türlerinden biri olarak dikkat çekmektedir. İş kazalarına neden olan etkenler incelendiğinde,

güvenli olmayan çalışma ortamları ve güvenli olmayan çalışan hareketleri ile güvenlik teçhizatına aldırış etmeme ve güvenlik prosedürlerine riayet etmeme gibi etkenlerin daha ön planda olduğu görülmektedir (Ogundipe, 2018) iş kazalarına neden olan başlıca etkenler olarak belirlenmiştir. İnşaat sektöründeki kazaların ayrıca bireysel hatalar, ekipman arızaları, yetersiz denetim ve eğitim eksikliğinden kaynaklandığı belirtilmektedir. Bu durum, sektörde güvenli çalışma ortamlarının oluşturulmasının ne denli önemli olduğunu göstermektedir.

İnşaat sektöründeki iş kazalarının sayısını ve etkilerini azaltmak için çeşitli önlemler alınmaktadır. Bu önlemler, işçi eğitiminden teknik güvenlik tedbirlerine kadar geniş bir yelpazeyi kapsamaktadır. Ancak, kişisel koruyucu donanımlar (KKD), özellikle kazaların etkilerini azaltma konusunda en etkili ve yaygın kullanılan yöntemlerden biridir. Çalışanı iş yerinde kaza riskinden veya mesleki hastalıklardan koruyan ekipmana kişisel koruyucu ekipman ve araçlara kişisel koruyucu donanımlar denilmektedir (Muema, 2017; Vidua vd., 2020). KKD'ler çok farklı türlerde olabilmekte ve özel gereksinimlere uygun olarak da her geçen gün sayıları ve çeşitleri artmaktadır. En yaygın türlerinden bazıları, güvenlik botları, eldivenler, solunum koruyucu ekipman, yüksek görünürlüklü giysiler, güvenlik kaskları ve göz koruyucuları gibi donanımlardır (ILO, 2020). KKD'ler, çalışanları olası tehlikelere karşı fiziksel bir bariyerle koruyarak hem yaralanmaların şiddetini azaltır hem de işçilerin çalışma ortamındaki güvenlik hissini artırır. KKD kullanımına yönelik düzenlemeler ve standartlar, iş sağlığı ve güvenliği uygulamalarının ayrılmaz bir parçasıdır. Türkiye'de İş Sağlığı ve Güvenliği Kanunu (T.C. Resmi Gazete, 2012) kapsamında, işverenlerin çalışanlarına uygun KKD sağlaması zorunlu kılınmıştır. Ancak, bu ekipmanların etkin kullanımı, yalnızca işverenin sorumluluğuyla sınırlı değildir; işçilerin de bu donanımları doğru ve düzenli bir şekilde kullanması büyük önem taşımaktadır.

Bu çalışmada yapı inşaat sektöründe yararlanılan KKD'lerin kullanım önem seviyeleri belirlenmesine yönelik hibrid bir model ortaya konulmuştur. Modelde KKD'lerin olası kazaların sayısını ve etkisini azaltmaya yönelik durumları değerlendirilmiştir. Bunun için Kalite Fonksiyon Yayılımı ve Hata Türü ve Etkileri Analizi metotları birlikte kullanılmıştır. Çalışmada konut sektöründe yapılan bir uygulama ile KKD'lerin kullanımlarının önceliklendirilmesi gerçekleştirilmiştir. Kullanılan metodolojide yaygın olarak kullanılan ya da kullanılması istenen KKD'lerin her biri için bir kazanın gerçekleşme olasılığını azaltmaya etkisi ile kaza oluştuktan sonraki çalışana etkisini azaltmadaki rolü sorgulanmış ve analitik hesaplamalar ile KKD'nin kullanımına yönelik önem seviyesi belirlenmiştir.

2. İNŞAAT SEKTÖRÜNDE KİŞİSEL KORUYUCU DONANIMLAR

Çalışanı iş yerinde kaza riskinden veya mesleki hastalıklardan ve bunlara ait etkilerden koruyan ekipman, kişisel koruyucu ekipman (KKD) olarak ifade edilmektedir (Tadesse vd. 2016; Emmanuel ve Aguwa, 2016; Sawada vd., 2017). KKD, inşaat sektöründe iş kazalarını ve yaralanmaların ciddiyetini azaltmada hayati bir role sahiptir. KKD'ler, işçileri fiziksel tehlikelere karşı koruyarak onların güvenliğini sağlar ve iş kazalarının sonuçlarını hafifletir. Örneğin, baretler başın düşen cisimlerden korunmasını sağlarken, emniyet kemerleri ve halat sistemleri yüksekte çalışma sırasında düşme riskini minimize eder. KKD'ler sadece fiziksel koruma sağlamaz, aynı zamanda işçilerin çalışma ortamında kendilerini daha güvende hissetmelerine de yardımcı olur. Bu durum, işçilerin moralini ve motivasyonunu artırarak genel iş verimliliğini olumlu yönde etkiler. Ancak, KKD'nin etkin bir şekilde

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

kullanılabilmesi için işçilerin bu ekipmanları doğru şekilde kullanmayı öğrenmeleri ve bu konuda düzenli olarak eğitilmeleri gerekmektedir.

İnşaat sektöründe kullanılan kişisel koruyucu donanım (KKD) türleri, işçilerin maruz kalabileceği tehlikelerin çeşitliliği nedeniyle oldukça geniş bir yelpazeye yayılmıştır. Bunlar arasında baş koruyucuları, göz ve yüz koruyucuları, işitme koruyucuları, solunum koruyucuları, el ve ayak koruyucuları, vücut koruyucuları ve yüksekte çalışmayı destekleyen ekipmanlar yer alır. Başlıca yararlanılan donanımlar olarak şunlar verilebilir;

- Baş Koruyucuları: Baretler, inşaat sektöründe en yaygın kullanılan KKD türlerinden biridir. Düşen cisimlerin neden olduğu kafa yaralanmalarını önlemek amacıyla tasarlanmıştır. Ayrıca, bazı özel baretler elektrik yalıtımı sağlayarak elektrik çarpmalarına karşı da koruma sunar.
- Göz ve Yüz Koruyucuları Gözlükler ve yüz siperlikleri, işçileri taşlama, kaynak yapma veya kimyasal madde kullanımı sırasında oluşabilecek parçacıklardan ve sıçramalardan korur. Bu ekipmanlar, göz ve yüz yaralanmalarını en aza indirgemede etkili bir rol oynar.
- Kulak-İşitme Koruyucuları: Şantiyelerdeki yüksek ses seviyeleri, işçilerin işitme sağlığını tehdit edebilir. Kulak tıkaçları ve kulaklıklar, bu tür zararların önlenmesinde kritik öneme sahiptir.
- Solunum Koruyucuları: Tozlu veya kimyasal maddelerin bulunduğu ortamlarda solunum yollarını korumak için kullanılan maskeler ve solunum cihazları, uzun vadeli sağlık sorunlarının önlenmesine yardımcı olur.
- El ve Ayak Koruyucuları: Eldivenler, kesilme, delinme ve kimyasal maddelere maruz kalmayı önlemek için kullanılır. Çelik burunlu botlar ise ağır malzemelerin düşmesine karşı ayakları korur.
- Vücut Koruyucuları: Yüksek görünürlüklü kıyafetler, işçilerin hareketli ekipmanlar tarafından fark edilmesini sağlar. Ayrıca, ısıya dayanıklı veya kimyasal koruma sağlayan giysiler, belirli projelerde önemli bir güvenlik önlemi sunar.
- Yüksekte Çalışma Ekipmanları: İnşaat sektöründe yüksekte çalışma, en riskli faaliyetlerden biridir. Emniyet kemerleri, halat sistemleri ve güvenlik ağları, düşme riskini minimize etmek için yaygın olarak kullanılır.

İnşaat projelerinin çeşitliliği, KKD kullanım gereksinimlerini doğrudan etkiler. Küçük ölçekli projelerde temel KKD'ler yeterli olabilirken, büyük ölçekli ve karmaşık projelerde daha gelişmiş ekipmanların kullanımı gerekebilir. Örneğin, bir konut projesinde genellikle standart baretler, eldivenler ve çelik burunlu botlar kullanılırken, bir tünel projesinde solunum cihazları ve özel koruyucu kıyafetlere ihtiyaç duyulabilir. Ayrıca, farklı coğrafi bölgelerde yürütülen projelerde, çevresel koşullar da KKD gereksinimlerini etkileyebilir. Örneğin, aşırı sıcak bölgelerde çalışan işçiler için hafif ve nefes alabilir koruyucu giysiler tercih edilirken, soğuk iklimlerde ısı yalıtımlı ekipmanlar kullanılmalıdır.

İş kazaları ve KKD'lerin ilişkisi birçok araştırmacının ilgisini çekmiştir. Cheng ve arkadaşları (2010), iş kazalarının en önemli nedenlerinden biri olarak koruyucu donanımların kullanılmamasını ifade etmişlerdir. Buna göre KKD kullanmama ile birlikte,

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

yüksekte çalışma, hareket ederken denge kaybı ve yetersiz deneyim gibi farklı faktörlerin bir kombinasyonu nedeniyle iş kazalarının oluştuğunu ifade etmektedirler.

KKD kullanımı her ne kadar çok hayati bir kullanım olsa da literatürdeki çalışmalar incelendiğinde KKD kullanımda önemli problemler olduğunu görülmektedir. Lette vd. (2018), inşaat işçilerinin çoğunun çalışırken KKD kullanmayı ihmal ettiğine yönelik tespitlerini paylaşmışlardır. Şantiyelerde, KKD'yi uygun şekilde giymek en önemli ancak en çok ihmal edilen kurallardan biridir (McGovern 2014). Man ve arkadaşları (2017) yapmış oldukları araştırmada çalışanların önemli bir kısmının belirli sıklıklarda KKD kullanmayı bıraktığını belirtirken, Izudi vd. (2017), çalışanlardan kısmı ya da geçici işe sahip olanların tam zamanlı devamlı çalışanlara göre KKD kullanımında daha tavizkar olduklarını belirlemişlerdir. Wu vd. (2020) ise araştırmaları sonucunda çalışma temposunun ve çalışma koşullarının KKD kullanımını olumsuz etkileyebildiğini ifade etmişlerdir. KKD kullanımını yaygınlaştırmak ve etkinliğini artırmak için bazı zorlukların aşılması gerekmektedir. Bu zorluklar arasında işçilerin KKD kullanımına direnç göstermesi, ekipmanların yanlış kullanımı, maliyet engelleri ve düzenli bakım eksikliği yer alır. Bu sorunların çözümü için işçilere düzenli eğitimler verilmesi, ekipmanların düzenli olarak kontrol edilmesi ve işverenlerin KKD'leri temin etmekte yeterli desteği sağlaması gereklidir.

3. KİŞİSEL KORUYUCU DONANIMLARIN RİSK ÖNEM SEVİYESİNİN BELİRLENMESİNDE FMEA VE QFD

İnşaat sektöründe iş kazalarını önleme ve etkilerini azaltmada kişisel koruyucu donanımlar hayati bir rol oynamaktadır. KKD'lerin doğru kullanımı, işçilerin güvenliğini artırmanın yanı sıra iş yerindeki verimliliği de olumlu yönde etkiler. Farklı inşaat projelerine uygun KKD türlerinin seçilmesi, güvenlik önlemlerinin etkinliğini artırırken iş kazalarının sayısını ve ciddiyetini azaltır. Bu nedenle, KKD kullanımına yönelik farkındalığın artırılması ve yaygınlaştırılması, inşaat sektörünün daha güvenli bir hale gelmesi için vazgeçilmez bir adımdır. Bu kapsamda bir projede hangi KKD'nin elzem olduğu hangisinin ise isteğe bağlı kullanılabileceği önemli bir araştırma konusudur. Bu çalışmada bu sorunun cevabını aramak için iki farklı yöntem birleştirilerek hibrid bir model ortaya konulmuştur.

3.1. Hata Türü ve Etkileri Analizi

Hata Türü ve Etkileri Analizi (FMEA), toplam kalite yönetimi sistemlerinin kullandığı en önemli önleme tekniklerinden biri olarak öne çıkar. Bu yöntem, ürün tasarımı ve geliştirme süreçlerinde ortaya çıkabilecek olası hataları sistematik bir şekilde analiz ederek, bu hataların nedenlerini ve etkilerini belirlemeyi amaçlar. Tasarım aşamasından üretime kadar olan her safhada uygulanabilen bu analiz, ürünlerin piyasaya sunulmadan önce eksiksiz ve güvenilir bir hale getirilmesini sağlar. Diğer yönetim ve araçlarından farklı olarak FMEA, sonradan analiz yöntemi olmaktan ziyade sistem arızalarını önlemeye yönelik proaktif bir yöntemdir (Liu vd. 2019; Lo vd. 2019). FMEA, ürünün tasarım ve proses aşamalarını adım adım inceleyerek, potansiyel hata türlerini belirler ve bu hataların olası etkilerini analiz eder. Ardından, bu hataların kaynaklarının tespit edilmesi ve hataları önlemek için uygun önlemlerin alınması süreci başlatılır. Bu analiz sonucunda hesaplanan Risk Öncelik Sayısı

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

(RÖS), ürünün hangi bölgelerinde iyileştirme yapılması gerektiğini belirler ve çözüm odaklı bir yaklaşım sağlar.

FMEA'nın temel amacı, potansiyel hataları ve bu hataların müşteri veya ürün üzerindeki etkilerini tespit ederek, bu etkileri azaltacak veya ortadan kaldıracak önlemleri planlamaktır. Bu şekilde, ürünün piyasaya çıkışından önce mükemmel hale getirilmesi hedeflenir. FMEA uygulamaları, yeni ürün ve malzeme geliştirme, mevcut proseslerin iyileştirilmesi, montaj sırasındaki hata tespiti ve ekipman tasarımları gibi çeşitli alanlarda kullanılmaktadır. Bu yöntemin başarılı bir şekilde uygulanması için, hata tespitinden düzeltici eylem planlamasına kadar her aşamanın disiplinli bir şekilde yürütülmesi gerekir.

FMEA, genellikle Tasarım FMEA ve Proses FMEA olmak üzere iki ana kategoride ele alınır. Her iki tür de farklı aşamalardaki potansiyel hataları ve bunların etkilerini analiz etmeyi amaçlar. Tasarım FMEA, bir ürünün tasarım aşamasında uygulanarak, ürünün riskli bölgelerini ve olası zayıf noktalarını tespit etmeyi hedefler. Bu yöntem, tasarım sürecinde karşılaşılabilecek hataları önceden belirleyerek, ürünün fonksiyonlarının ve özelliklerinin müşteri beklentilerini karşılayacak şekilde optimize edilmesini sağlar. Tasarım FMEA, malzeme ve komponent seçimi, şekil ve boyut gibi tasarım özelliklerinden, ürünün dayanıklılığı ve servis kolaylığına kadar geniş bir kapsama sahiptir. Her bir montaj elemanı, fonksiyonları ve etkileri açısından değerlendirilir ve potansiyel hata mekanizmaları tespit edilir. Proses FMEA, bir ürünün üretim sürecinde karşılaşılabilecek hataları belirlemeyi amaçlar. Üretim techizatı, montaj akışı ve operasyonel zayıf noktaları gibi unsurlar üzerine odaklanan bu yöntem, hataların nedenlerini analiz ederek, üretim süreçlerinde daha iyi bir güvenilirlik sağlar. Proses FMEA, potansiyel hataların olası sebeplerini ve bu hataların etkilerini değerlendirmek için analitik bir yaklaşım sunar. Bu analiz sonucunda, hataları önceden tespit ederek önleyici tedbirlerin uygulanması sağlanır. Aynı zamanda, yeni makine veya ekipman tasarımlarının geliştirilmesi sırasında da yardımcı bir aracı olarak kullanılır.

FMEA'nın en kritik unsurlarından biri olan Risk Öncelik Sayısı (RÖS), hataların önceliklendirilmesinde kullanılır. RÖS, hatanın olasılığı, etkisi ve tespit edilebilirliği gibi faktörlerin birleştirilmesiyle hesaplanır. Bu değer, düzeltici eylemler için hangi hatalara öncelik verilmesi gerektiğini belirler. RÖS hesaplanırken aşağıdaki üç değer dikkate alınabilir.

- O (Olasılık): Hatanın-kazanın meydana gelme olasılığı.
- E (Etki): Hatanın-kazanın sistem müşteri ya da çalışan üzerindeki etkisi.
- S (Saptanabilirlik): Hatanın öncesinde saptanabilme durumu..

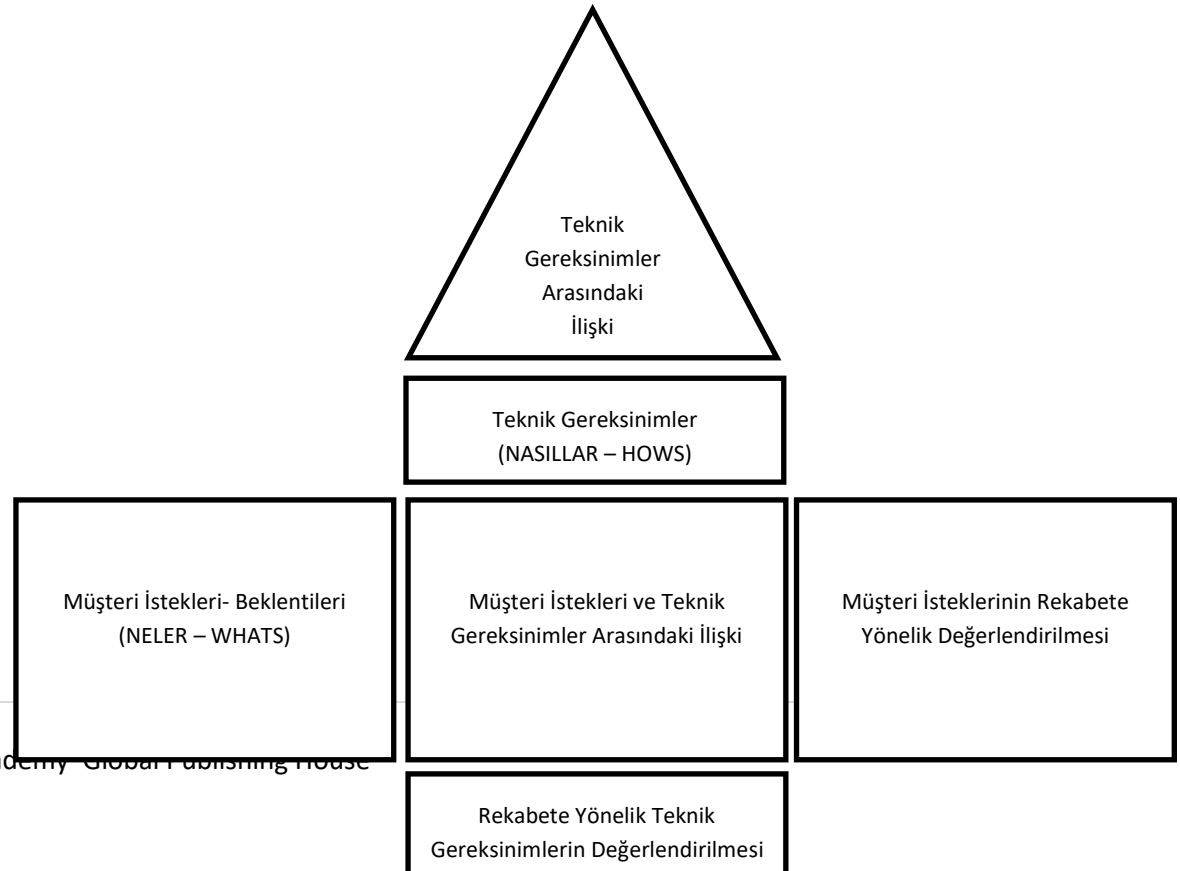
Bazı çalışmalarda saptanabilirlik dikkate alınmayabilmektedir. Yüksek RÖS değerine sahip hatalar, öncelikli olarak ele alınır ve bu hataları azaltacak veya ortadan kaldıracak düzeltici eylemler planlanır FMEA, erken aşamada potansiyel hataların tespit edilmesi sayesinde ürün geliştirme sürecinde zaman ve maliyet tasarrufu sağlar. Bu analiz, ürün kalitesini artırırken, müşteri memnuniyetini de olumlu yönde etkiler. Ancak karmaşık sistemlerde uygulanması zorlu olabilir; bu durum, gerekli uzmanlık seviyesinin yüksek olması ve hata mekanizmalarının birbirine bağlı olmasından kaynaklanabilir.

3.2. Kalite Fonksiyon Yayılımı

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

Kalite Fonksiyon Yayılımı (KFY), müşteri gereksinimlerini işletmenin performans hedefleriyle birleştirerek ürün veya hizmet süreçlerinin yapılandırılmasını sağlayan 1972 yılında Akao tarafından geliştirilen bir yöntemdir. Mizuno ve Akao (1978), yazmış oldukları kitaplarında yöntemi açıklamış ve kitabın İngilizceye çevrilmesiyle birlikte metot farklı alanlarda yaygınlaşmaya başlamıştır. Yöntem, başlangıçta mühendislik uygulamaları ve ürün geliştirme süreçlerinde kullanılmış, ancak zamanla daha geniş alanlarda uygulanmaya başlanmıştır. KFY, işletmelerin öncelikli konularını belirlemede etkili bir araçtır. Bu yaklaşım, ekip çalışmasıyla elde edilen verileri sistematik bir şekilde değerlendirerek, zaman kayıplarını önler ve işletmenin karar alma süreçlerini hızlandırır. Moran ve Nakul (1991), KFY'nin müşteri gereksinimlerine ilişkin bilgi sağlayarak işletme faaliyetlerini ortak bir hedef doğrultusunda bütünleştirdiğini vurgular. Ayrıca, Cohen (1995), KFY'nin işletmelere sunduğu avantajlar arasında müşteri ihtiyaçlarının ve ürün tasarım gereksinimlerinin net bir şekilde belirlenmesi, kalite ve güvenilirliğin artırılması gibi unsurların bulunduğunu ifade etmektedir.

Kalite Fonksiyon Yayılımı (KFY), müşteri beklentilerini anlamak ve bu beklentilere uygun çözümler geliştirmek amacıyla kullanılan bir metottur. Bu yaklaşım, müşteri isteklerini "neler" olarak tanımlarken, bu istekleri karşılayacak teknik gereksinimleri "nasıllar" olarak ifade eder. KFY'nin temel yapısı olan kalite evi, müşteri talepleri ile işletme süreçlerini ilişkilendirir ve müşteri odaklı çözümler geliştirilmesini sağlar. Kalite evinin merkezinde yer alan ilişki matrisi, müşteri istekleri ile teknik gereksinimler arasındaki bağları değerlendirir. Güçlü bir ilişki, belirli bir teknik gereksinimin ilgili müşteri talebini etkili bir şekilde karşılayabildiğini gösterirken, bir bağlantı olmaması teknik gereksinimin müşteri beklentilerine katkıda bulunmadığını ortaya koyar (Turkan ve Aydogmus, 2016). Bu yapı sayesinde, işletmeler kaynaklarını doğru alanlara yönlendirebilir ve müşteri memnuniyetini artırabilir. KFY'nin bu sistematik yaklaşımı, ürün ve süreç geliştirme faaliyetlerinde verimlilik sağlayarak işletmeler için stratejik bir avantaj sunar.



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

Görsel 1: Kalite Evi (Turkan ve Aydogmus, 2016)

Kalite Fonksiyon Yayılımı (KFY) sürecinde dikkate alınan temel parametreler şunlardır (Turkan ve Aydoğmuş, 2016):

- Müşteri istek ve beklentileri: Müşterilerin ürün veya hizmete yönelik taleplerinin önem seviyelerini ifade eder. Mevcut hizmet performansı, bu taleplerin ne kadar karşılandığını gösterir.
- Performans hedefleri: İşletmenin belirli bir müşteri talebiyle ilgili hedeflenen performans seviyesidir.
- Satış etkisi: İşletmenin, müşteri taleplerini daha iyi karşıladığında satışlarına olan etkisini ifade eder. Kar amacı gütmeyen kurumlar için bu, müşteri artışı ile değerlendirilebilir.
- İlerleme rasyosu: Müşteri taleplerini karşılama konusundaki gelişim potansiyelini gösterir. Performans hedeflerinin mevcut hizmet performansına bölünmesiyle hesaplanır.

  İlerleme Rasyosu = Performans Hedefleri / Mevcut Hizmet Performansı
  (1)

- Müşteri isteklerinin ham önem ağırlıkları: Müşteri isteklerin önem derecesi, satış noktası ve ilerleme rasyosunun çarpılması ile hesaplanmaktadır.

  Ham Önem Ağırlığı = Müşteri İsteğinin Önem Derecesi * Satış Noktası * İlerleme Rasyosu
  (2)

4. UYGULAMA

Uygulama bir konut projesindeki veriler ve değerlendirmeler dikkate alınarak gerçekleştirilmiştir. Bu kapsamda benzer projelerde yararlanılan en yaygın KKD'ler belirlenmiş ve bu KKD'lerin iş kazalarının önüne geçmedeki etkisi (kaza olasılığını azaltmak) ile kaza neticesinde oluşan ölüm yaralanma gibi durumların etkisini azaltma (kaza etkisini azaltmak) durumları incelenmiştir. Uygulamada iki farklı kalite evinden yararlanılmıştır. İlk kalite evinde KKD'lerin kaza olasılıklarını azaltmaya yönelik etkisi incelenmiştir. İkinci kalite evinde ise kaza şiddeti-etkisini azaltmaya yönelik etkisine bakılmıştır.

Kalite evlerinde sol tarafta iş kazalarına ait sınıflar ve kaza tipleri yer almaktadır. Üst kısımda ise bu kazaların olasılığını ya da etkisini azaltmaya yönelik hangi KKD'lerden yararlanılabileceği gösterilmektedir. Kalite evinde "9" ilgili kaza türü ile KKD arasında çok önemli bir ilişki olduğunu göstermektedir. "3" ise orta seviyedeki bir ilişkiyi göstermektedir.

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

"1" kaza türü ve KKD arasında zayıf da olsa bir ilişkinin olduğunu göstermektedir. Bu ilişkiler kaza olasılığını azaltmaya yönelik ya da kaza etkisini azaltmaya yönelik farklı farklı olabilmektedir. Bu nedenle çalışmada iki kalite evinden yararlanılmış ve hesaplamalar önce her biri için ayrı ayrı yapılmış, sonra ise hesaplamalar birleştirilmiştir.

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

	KİŞİSEL KORUYUCU DONANIMLAR / İŞ KAZALARI	Tip I-II Baretler	Kulaklık	E(Electrical) Sınıfı Baretler	Kulak tıkaçları	İş eldiveni	Çelik Burunlu ayakkabı	Elektriği iletmeyen güvenlik botları	Güvenlik kyafetleri	D halkaları/Konnektörler	Emniyet kemeri/Vücut koşum takımı	Yaşam hattı (Lifeline)	Ankrajlar	Düşüş engelleme sistemleri	Elektriği iletmeyen kauçuk eldiven	Kaynakçı maskesi	Hi-vis yelekler	Güvenlik gözlükleri	Yüz siperleri	Diz çizmeleri	Toz, sis maskesi	Olasılık Derecesi
İnsan Düşmesi	Döşeme-Platform kenarından düşme kazaları									9	9	9	9	9								10
	Yapı iskelesinden düşme kazaları									9	9	9	9	9								10
	Yapılardaki boşluklara düşme kazaları									9	9	9	9	9								10
	Çatılardan düşme kazaları									9	9	9	9	9								10
	Hareket eden platformlardan düşme									9	9	9	9	9								10
	Hemzemin düşmeler									9	9	9	9	9								10
	Korumasız bir yükseklikte çalışırken düşmeler									9	9	9	9	9								10
	Sabit inşaat merdivenlerinden düşme kazaları									9	9	9	9	9								10
	Yük asansörlerinden düşme kazaları									9	9	9	9	9								10
Malzeme Düşmesi	Girgır vinç-Malzeme asansöründen																					8
	Yüksek yapı kısımlarından																					8
	Tünel tavanından																					8
	Yamaçtan malzeme düşmesi																					8
	Taşıttan (Yükleme-Boşaltma)																					8
	Elle taşınan malzeme düşmesi																					8
Elektrik Çarpması	Yapı yakını gerilim hattı																					6
	Girgır vinç kaçakları																					6
	İç tesisat kaçakları																					6
	Elektrikli el aletleri kaçakları																					6
Taşıt/Araç/ Makine Kazaları	Vinç kazaları																					4
	Kontrolü kaybeden hareket halinde taşıt kaza																					4
	Makine&Taşıt kazası																					4
	Şantiye içi trafik kazalarına maruziyet																3					4
	Yapı makineleri kazaları																					4
	Ağır araç devrilmesi																					4
	Taşlama makinesinden göze sıçrama, yaralanma																					6
Bir Cisimle Temas/Darbe Kazaları	Bir makinenin hareket eden parçasıyla temas																					8
	Savrulan, atılan bir cisimle temas kazası																					8
	Bir nesnenin vurması/çarpması																					8
	Kaldırma aygıtı çökmesi																					5
	El aleti vb. kullanırken kazalar																					9
	Bir cismin batması (çivi,bıçak vb.)					9	9		3											9		9
	Sabit bir nesne/cisme çarpmak																					9
	Delme,patlatmalarda gürültü sonrası işitme kaybı		9		9																	8
	Sivri uçlu, keskin kenarlı cisim yaralanması					9	9		3											9		9
Göçme,Çökme,Kanal, Sıkışma vb. Kazalar	Zemin göçüğü altında kalma																					8
	Nefessiz kalıp boğulma (Havasızlık, duman vb.)																				3	6
	Kazı kenarı göçmesi/Yapı kısmı çökmesi																					6
	Toplu bir yük altında kalma																					6
	Bir uzvun sıkışması																					10
	Bir uzvun kaptırılması																					10
	Direnaj kanalı kazası																					4
	Cisimler arasında sıkışma																					4
	Çarpışma,kırılma,ezilme																					4
Patlayıcı, Yanıcı Madde Kazaları	Patlama,yangın nedeniyle kazalar																					4
	Kimyasallar nedeniyle kazalar																					5
	Tehlikeli madde/materyal kazaları																					5
	Mutlak Önem	0	72	0	72	162	162	0	54	810	810	810	810	810	0	0	12	0	0	162	18	4764
	Bağıl Önem	0%	2%	0%	2%	3%	3%	0%	1%	17%	17%	17%	17%	17%	0%	0%	0.25%	0%	0%	3%	0.38%	

Görsel 2.. Olasılığa Yönelik Kalite Evi

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

	KİŞİSEL KORUYUCU DONANIMLAR / İŞ KAZALARI	Tip I-II Bareller	Kulaklık	E(Electrical) Sınıfı Bareller	Kulak tıkaçları	İş eldiveni	Çelik Burunlu ayakkabı	Elektriği iletmeyen güvenlik botları	Güvenlik kıyafetleri	D halkaları/Konnektörler	Emniyet kemeri/Vücut koşum takımı	Yaşam hattı (Lifeline)	Ankrajlar	Düşüş engelleme sistemleri	Elektriği iletmeyen kauçuk eldiven	Kaynakçı maskesi	Hi-vis yelekler	Güvenlik gözlükleri	Yüz siperleri	Diz çizmeleri	Toz, sis maskesi	Önem Derecesi
İnsan Düşmesi	*Döşeme-Platform kenarından düşme kazaları*									9	9	9	9	9								10
	Yapı iskelesinden düşme kazaları									9	9	9	9	9								10
	Yapılardaki boşluklara düşme kazaları									9	9	9	9	9								10
	Çatılardan düşme kazaları									9	9	9	9	9								10
	Hareket eden platformlardan düşme									9	9	9	9	9								10
	Hemzemin düşmeler									9	9	9	9	9								10
	Korumasız bir yükseklikte çalışırken düşmeler									9	9	9	9	9								10
	Sabit inşaat merdivenlerinden düşme kazaları									9	9	9	9	9								10
	Yük asansörlerinden düşme kazaları									9	9	9	9	9								10
Malzeme Düşmesi	*Gırgır vinç-Malzeme asansöründen*	9																				8
	Yüksek yapı kısımlarından	9																				8
	Tünel tavanından	9																				7
	Yamaçtan malzeme düşmesi	9																				8
	Taşıttan (Yükleme-Boşaltma)	9																				7
	Elle taşınan malzeme düşmesi						9													9		5
Elektrik Çarpması	*Yapı yakını gerilim hattı*			9				9							9							8
	Gırgır vinç kaçakları			9				9							9							8
	İç tesisat kaçakları			9				9							9							8
	Elektrikli el aletleri kaçakları														9							8
Taşıt/Araç/ Makine Kazaları	*Vinç kazaları*	1																				7
	Kontrolü kaybeden hareket halinde taşıt kaza	1																				8
	Makine&Taşıt kazası	1																				7
	Şantiye içi trafik kazalarında yaralanma	1																				7
	Yapı makineleri kazaları	1																				7
	Ağır araç devrilmesi	1																				9
	Taşlama makinesinden göze sıçrama ve yaralanma															9		9	9			6
Bir Cisimle Temas/Darbe Kazaları	*Bir makinenin hareket eden parçasıyla temas*					9			3													4
	Savrulan, atılan bir cisimle temas kazası					9	9		3							1		1	1	1		4
	Bir nesnenin vurması/çarpması					9	9		3											9		4
	Kaldırma aygıtı çökmesi					3																5
	El aleti vb. kullanırken kazalar					9																4
	Bir cismin batması (çivi,bıçak vb.)					9	9		3											9		4
	Sabit bir nesne/cisme çarpmak					9	9		3											9		4
	Delme sırasında çıkan gürültü ve işitme kaybı		9		9																	3
	Sivri uçlu, keskin kenarlı cisim yaralanması					9	9		3											9		6
Göçme,Çökme,Kanal, Sıkışma vb. Kazalar	*Zemin göçüğü altında kalma*	3					1													1		8
	Nefessiz kalıp boğulma (Havasızlık, duman vb.)																				3	8
	Kazı kenarı göçmesi/Yapı kısmı çökmesi	3					1													1		8
	Toplu bir yük altında kalma	3					1													1		8
	Bir uzvun sıkışması					9	9													3		7
	Bir uzvun kaptırılması					9	9													3		7
	Direnaj kanalı kazası	3					3													3		7
	Cisimler arasında sıkışma	3					3													3		7
	Çarpışma,kırılma,ezilme	3				3	3		3											3		7
Patlayıcı, Yanıcı Madde Kazaları	*Patlama,yangın nedeniyle kazalar*								3													9
	Kimyasallar nedeniyle kazalar					3			3													9
	Tehlikeli madde/materyal kazaları					3			3													8
	Mutlak Önem	522	27	216	27	483	456	216	177	810	810	810	810	810	288	58	0	58	58	0	24	6660
	Bağıl Önem	8%	0.4%	3%	0.4%	7%	7%	3%	3%	12%	12%	12%	12%	12%	4%	1%	0%	1%	1%	0%	0.3%	

Şekil 3. Şiddete Yönelik Kalite Evi

- Olasılığa yönelik değerlendirme sonucunda, ‘’Düşme Koruyucular’’ yani D halkaları/Konnektörler, emniyet kemerleri, yaşam hattı, ankrajlar ve düşüş koruyucu sistemler; %17 ile bağıl önem oranlarında en yüksek yüzdeye sahip olan KKD türleri olmuştur. Bu grup KKD’ler özellikle, iş kazaları içinde ‘’Yüksekten İnsan Düşmesi’’ kategorisi için büyük önleyici etkiye sahiptir ki yüksekten insan düşmesi kazaları inşaat sektöründe en çok meydana gelen ve en fazla ölümlü kazaya yol açan kaza türleridir. Bu kaza türlerinin önlenmesi, sahada meydana gelen yaralanma ve ölümleri büyük oranda engelleyecektir.
- Çelik burunlu ayakkabılar, güvenlik eldivenleri ve çizmeler çivi gibi sert ve yaralayıcı cisimlerin batması ve sivri kenarlı cisimler ile yaralanma durumlarını %3, kulaklık ve kulak tıkaçları ise yüksek gürültü, patlatma ve delme prosesleri, patlamalar gibi durumlarda işitme kaybı olasılığını %2 bağıl önem oranında önleyebilme potansiyeline sahiptir.
- Şiddete yönelik değerlendirme sonucunda, yine ‘’Düşme Koruyucular’’ düşme olasılığını önemli ölçüde azaltabildiğinden ilgili kaza türünün oluşturabileceği şiddet derecesini de %12 bağıl önem oranında önleyebilmektedir. Bağıl yüzdelerde 2.sırada %8 ile ‘’Baretler’’ özellikle malzeme düşmesi nedeniyle meydana gelen kazaları doğrudan şekilde, göçük altında kalma, sıkışma, ezilme gibi kazaların oluşturabileceği hasarı ve şiddet miktarını ise doğrudan önleyebilme potansiyeline sahiptir. %7 ile güvenlik eldivenleri ve çelik burunlu ayakkabılar ise bir cismin batması, bir makinenin hareket eden parçasıyla temas, sivri uçlu/keskin kenarlı cisim yaralanmaları, bir uzvun kaptırılması/sıkışması gibi kaza türlerinin şiddet miktarını azaltabilmektedir.

Hem şiddet hem de olasılık parametrelerinin ortak bir çarpımı yapılarak elde edilen Risk öncelik sayısı (RÖS) hesabı dikkate alınarak başka bir değerlendirme yapmak gerekirse;

- 1.sırada ‘’Düşme Koruyucular’’,
- 2.sırada ‘’İş/Güvenlik Eldivenleri ve Çelik Burunlu Ayakabılar’’,
- 3.sırada ‘’Tip I-II Baretler,
- 4.sırada özellikle elektrik kaçakları ve çarpmaları durumlarının önüne geçebilmek için büyük önem arz eden ‘’E Sınıfı Baretler, eldivenler, çizmeler’’ yer almaktadır.

Matematiksel olarak daha düşük değerlerde olsalar da ‘’Göz ve Yüz Koruyucu’’ grup kişisel koruyucu donanımlar da ‘’Göze Sıçrama ve Yaralanma’’ kazalarının tahribat durumunu büyük ölçüde azaltmada önemli rol oynamaktadır.

5. SONUÇ

İnşaat sektöründe iş kazalarını önleme ve kazaların etkilerini azaltma sürecinde kişisel koruyucu donanımların (KKD) rolü, iş sağlığı ve güvenliği açısından kritik bir öneme sahiptir. Bu çalışma, Kalite Fonksiyon Yayılımı (KFY) ve Hata Türü ve Etkileri Analizi (FMEA) yöntemlerini birleştirerek, inşaat sektöründe KKD’lerin önemini ve etkinliğini değerlendirmiştir. İnşaat sektörü, dinamik yapısı ve tehlikeli çalışma koşulları nedeniyle iş kazalarının en sık ve ölümcül şekilde yaşandığı sektörlerden biridir. Türkiye'deki istatistikler, bu sektördeki iş kazalarının diğer sektörlere göre daha ölümcül sonuçlar doğurduğunu ve bu kazaların büyük bir kısmının düşme, ağır ekipman kazaları, elektrik çarpmaları ve iş makinesi kazaları gibi nedenlerden kaynaklandığını göstermektedir. Bu

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

durum, güvenli çalışma ortamlarının oluşturulması ve KKD kullanımının yaygınlaştırılmasının ne kadar önemli olduğunu bir kez daha ortaya koymaktadır.

KKD'ler, iş kazalarının sayısını ve ciddiyetini azaltmada etkili bir araç olarak öne çıkmaktadır. Çalışmada, farklı KKD türlerinin kazaları önlemedeki ve kazaların etkilerini hafifletmedeki etkinliği değerlendirilmiştir. Özellikle düşme koruyucular, inşaat sektöründe en ölümcül kazaların başında gelen yüksekten düşme olaylarını önlemede kritik bir öneme sahiptir. Benzer şekilde, baretler, baş yaralanmalarını önlerken, çelik burunlu ayakkabılar ve güvenlik eldivenleri kesilme, delinme veya ağır cisimlerin neden olduğu yaralanmaları azaltmaktadır. Bu donanımlar, hem çalışanların fiziksel güvenliğini sağlamakta hem de işçilerin çalışma ortamlarında kendilerini daha güvende hissetmelerine yardımcı olmaktadır. Bununla birlikte, KKD kullanımının etkinliğini artırmak için işçilerin düzenli olarak eğitilmesi ve bu ekipmanların doğru bir şekilde kullanılması gerekmektedir.

Araştırmada kullanılan hibrit model, KKD'lerin iş kazalarını önlemedeki ve etkilerini azaltmadaki rollerini daha sistematik bir şekilde değerlendirme imkanı sunmuştur. Kalite Fonksiyon Yayılımı, müşteri gereksinimleri ile teknik gereklilikleri ilişkilendirerek güvenlik önlemlerinin etkinliğini artırmayı hedeflerken, Hata Türü ve Etkileri Analizi, potansiyel hataları önceden belirleyerek düzeltici eylemlerin planlanmasına olanak tanımaktadır. Bu iki yöntemin bir arada kullanılması, KKD'lerin farklı inşaat projelerinde ne derece etkili olduğunu ve hangi durumlarda hangi ekipmanların öncelikli olarak kullanılacağını belirlemeye yardımcı olmuştur. Örneğin, yüksekte yapılan çalışmalarda düşme koruyucuların, kapalı alanlarda ise solunum koruma ekipmanlarının öncelikli olduğu ortaya konulmuştur. Bu sistematik yaklaşım, kaynakların etkin bir şekilde kullanılmasını sağlamakta ve iş sağlığı ve güvenliği uygulamalarının verimliliğini artırmaktadır.

KKD kullanımının önündeki engeller, bu çalışmada dikkat çeken bir diğer önemli konudur. Literatürdeki çalışmalar, işçilerin KKD kullanımına direnç gösterdiğini, ekipmanların yanlış veya eksik kullanıldığını ve maliyet gibi faktörlerin KKD kullanımını sınırladığını ortaya koymaktadır. Bu sorunların aşılması için işverenlerin KKD temini ve bakımında daha fazla sorumluluk alması, işçilerin bu ekipmanları doğru şekilde kullanmayı öğrenmesi ve KKD kullanımı konusunda farkındalığın artırılması gerekmektedir. KKD kullanımının yaygınlaştırılması, yalnızca işçilerin güvenliğini artırmakla kalmaz, aynı zamanda işletmelerin verimliliğini ve çalışan memnuniyetini de olumlu yönde etkiler.

Araştırmanın bulguları konut projelerinde özellikle düşme koruyucuların iş kazalarını azaltmada ve etkilerini minimize etmede en etkili KKD olduklarını göstermektedir. Bu KKD'leri baretler ve çelik burunlu ayakkabılar takip etmiştir. Ayrıca, göz ve yüz koruyucular gibi diğer KKD'lerin belirli iş kazası türlerinde oynadığı kritik rol de vurgulanmıştır. Bu tür ekipmanların doğru bir şekilde seçilmesi ve kullanılması, inşaat sektöründe iş kazalarının sıklığını ve şiddetini azaltmada önemli bir fark yaratmaktadır. Uygulanan hibrit model, KKD'lerin önceliklendirilmesinde ve hangi projelerde hangi ekipmanların kullanılacağına karar verilmesinde etkili bir rehber sunmaktadır.

İnşaat sektöründe iş kazalarını önleme ve kazaların etkilerini azaltma konusunda KKD kullanımının önemi yadsınamaz. Bu çalışma, KKD kullanımını optimize etmek ve iş sağlığı ve güvenliği standartlarını yükseltmek için KFY ve FMEA yöntemlerinin bir arada

kullanılmasının sağlayabileceği avantajları ortaya koymuştur. Çalışma ayrıca, işçilerin güvenliğini artırmak ve iş kazalarını önlemek için KKD kullanımına yönelik eğitim ve denetim mekanizmalarının geliştirilmesi gerektiğini vurgulamaktadır. İnşaat sektöründe daha güvenli bir çalışma ortamı oluşturmak için KKD kullanımını yaygınlaştırmak ve etkinliğini artırmak, hem işverenlerin hem de çalışanların ortak sorumluluğudur. Bu çerçevede, sistematik yaklaşımların benimsenmesi ve iş sağlığı ve güvenliği politikalarının bu doğrultuda şekillendirilmesi, sektör genelinde güvenli ve sürdürülebilir bir çalışma kültürünün oluşturulmasına katkı sağlayacaktır.

KAYNAKÇA

17. Cheng, C.W., Leu, S.S., Lin, C.C., Fan, C. Characteristic analysis of occupational accidents at small construction enterprises. Saf. Sci., 48, 698–707, 2010.
18. Cohen, L. Quality Function Deployment, How to Make QFD Work For You, Addison Wesley, Reading, Massachusetts, 1995.
19. Emmanuel, N., Aguwa, S. Use of personal protective equipment among health workers in a tertiary health institution, South East Nigeria: pre-Ebola period. Int J Heal Sci Res., 6:12-18, 2016.
20. Hadikusumo, K. Safety management practices in the Bhutanese construction industry. J Constr Dev Ctries., 11:53-75, 2006.
21. ILO. Personal protective equipment (Labour administration and inspection), 2020.
22. Izudi, J., Ninsiima, V., Alege, J.B. Use of personal protective equipment among building construction workers in Kampala, Uganda. J. Environ. Public Health, 2017, 7930589.
23. Lette, H., Kuklane, K., Wakatsuki, K., Morikawa, H. New development of research on personal protective equipment (PPE) for occupational safety and health. Ind Health., 55:471-472, 2017.
24. Liu, H.C., Hu, Y.P., Wang, J.J., Sun, M.H. Failure mode and effects analysis using two-dimensional uncertain linguistic variables and alternative queuing method. IEEE Trans. Reliab., 68:554–65, 2019.
25. Lo, H.W., Liou, J.J.H., Huang, C.N., Chuang, Y.C. A novel failure mode and effect analysis model for machine tool risk analysis. Reliab Eng Syst Saf., 183:173–83, 2019.
26. Man, S.S., Chan, A.H.S., Wong, H.M. Risk-taking behaviors of Hong Kong construction workers–A thematic study. Saf. Sci., 98, 25–36, 2017.

27. McGovern, O. Modernising the construction industry with biometrics and the cloud. Biom. Technol. Today, 10, 9–11, 2014.
28. Mizuno, S., Akao, Y. QFD: The Customer-Driven Approach to Quality Planning and Deployment. (Translated by Glenn H. Mazur). Asian Productivity Organization, 1994.
29. Moran, J.W., Nakul, V.S. Facilitating and Training in QFD, Methuen, Amacom Books, 1991.
30. Muema, L.M. Evaluation of personal protective equipment utilization among construction workers in Mombasa county, Kenya, 2017.
31. Ogundipe, K.O., Olanipekun, E.A., Olaniran, H.F., Akuete, E., Fagbenle, A.O. Factors affecting effective use of safety wears among construction site operatives: lessons from Indigenous firms in South Western Nigeria. Int J Appl Eng Res., 13:4314-4325, 2018.
32. Sehsah, R., El-Gilany, A.H., Ibrahim, A.M. Personal protective equipment (PPE) use and its relation to accidents among construction workers. Med Lav., 111:285-295, 2020.
33. SGK. Occupational Health and Safety in Construction Sector Statistics. Available online: http://eski.sgk.gov.tr/wps/portal/sgk/tr/kurumsal/istatistik/sgk_istatistik_yilliklari (accessed on 14 April 2024), 2022.
34. Tadesse, S., Kelaye, T., Assefa, Y. Utilization of personal protective equipment and associated factors among textile factory workers at Hawassa Town, southern Ethiopia. J Occup Med Toxicol., 11:6-6, 2016.
35. T.C. Resmi Gazete. İş Sağlığı ve Güvenliği Kanunu. Available online: www.mevzuat.gov.tr/mevzuat?MevzuatNo=6331&MevzuatTur=1&MevzuatTertip=5 (accessed on 121 April 2024), 2012.
36. Turkan, Y.S., Aydogmus, H.Y. Kalite Fonksiyon Yayılımı ile Bir Uzaktan Eğitim Sisteminin Değerlendirilmesi ve İyileştirilmesine Yönelik Bir Uygulama. Aydın Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi, 2-Vol 2 ISSN 2149-5483, 59-76, 2016.
37. Vidua, R.K., Chouksey, V.K., Bhargava, D.C., Kumar, J. Problems arising from PPE when worn for long periods. Med Leg J., 88:47-49, 2020.
38. Wu, C., Luo, X., Wang, T., Wang, Y., Sapkota, B. Safety challenges and improvement strategies of ethnic minority construction workers: A case study in Hong Kong. Int. J. Occup. Saf. Ergon., 26, 80–90, 2020.

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

MACHINE LEARNING FOR MATHEMATICAL OBJECT GENERATION: GANS AND REAL-ROOTED POLYNOMIALS

Research Assistant[1] – Graduate Student[2] Başak KARAKAŞ

[1]Gebze Technical University, Institute of Information Technologies,

[2]Gebze Technical University, Department of Computer Engineering,

bkarakas2018@gtu.edu.tr - 0000-0002-3253-2963

Assoc. Prof. Mehmet GÖKTÜRK

Gebze Technical University, Department of Computer Engineering,

gokturk@gtu.edu.tr – 0000-0002-8030-8923

ABSTRACT

Machine learning has become an integral tool in numerous disciplines; however, its applications within mathematics remain underexplored. This study investigates the utilization of Generative Adversarial Networks (GANs) to generate real-rooted polynomials, specifically focusing on degree 2. By leveraging the generative capabilities of GANs, the research demonstrates the feasibility of producing mathematical objects with specific properties.

The generator network is responsible for creating polynomial coefficients from random input data, while the discriminator network distinguishes real-rooted polynomials from those without real roots. To ensure the validity of the generated polynomials, the discriminant (e.g., $b^2 - 4ac$ for a polynomial $p(x) = ax^2 + bx + c$) is integrated into the loss function. Normalizing the polynomial coefficients to the range [-1, 1] enhances the stability of the training process and improves output accuracy, aligning the distributions of generated and real data.

During the study, datasets were created to include polynomials represented in different bases, as well as those with exclusively rational, exclusively irrational, or real roots. These datasets enabled a detailed examination of network behavior under different conditions, providing critical insights for extending the method to higher-degree polynomials.

Experimental results indicate that the proposed GAN model achieves over 90% accuracy in generating degree 2 real-rooted polynomials. This study underscores the potential of GANs in creating datasets for mathematical research and presents a novel approach to mathematical

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

object generation. Future research directions include extending the method to higher-degree polynomials and exploring its adaptability to more complex mathematical challenges.

Keywords: GANs, Real-Rooted Polynomials, Machine Learning

1. INTRODUCTION

Machine learning is an exceptionally powerful tool and is widely utilized across various domains today. While extensive research exists on the application of machine learning in numerous fields, there is a noticeable scarcity of studies exploring its use for addressing mathematical problems [3,6,2,5]. In this work, we aim to demonstrate how Generative Adversarial Networks (GANs) can be employed to generate real-rooted polynomials.

The task of generating real-rooted polynomials is compelling for several reasons. One notable motivation is the ability to create datasets of such polynomials for further experimentation with machine learning techniques. Traditionally, constructing such datasets would require considerable time and manual effort; however, with the use of generative networks, this process becomes significantly more efficient and straightforward. Another reason to explore this task is to investigate whether neural networks are capable of generating families of polynomials that exhibit specific, additional properties.

This study represents a foundational effort in leveraging GANs to generate mathematical objects, paving the way for future research into the application of machine learning techniques in mathematical domains.

1.1 Generative Adversarial Networks (GANs)

A Generative Adversarial Network (GAN) is a framework comprising two distinct artificial neural networks, known as the generator (G) and the discriminator (D), that train through an adversarial process. The generator is designed to produce data that closely resembles the real data, while the discriminator is tasked with differentiating between real data and the synthetic data generated by the generator.

These two networks engage in a dynamic learning process, where the generator continuously improves its ability to create realistic data by attempting to deceive the discriminator. Conversely, the discriminator refines its capability to distinguish real data from fake data. The generator updates its parameters based on the feedback from the discriminator, which evaluates the generated data. The discriminator, on the other hand, undergoes supervised learning by receiving labeled real data (assigned a value of 1) and generated data (assigned a value of 0), allowing it to effectively detect the discrepancies between real and fake inputs. This iterative process enables both networks to evolve simultaneously. Goodfellow et al. express this as a minimax two-player game [4]. Fig. 1 shows the general architecture of GANs.

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

GANs categorize data into three key distributions: $p_{data}(x)$ representing the distribution of real data, $p_z(z)$ denoting noisy input data, and $p_g(x)$ for data generated by the generator $G(z)$. The primary goal of the GAN is to train the generator to minimize the divergence between $p_{data}(x)$ and $p_g(x)$, with the assistance of the discriminator [1]. This adversarial relationship is

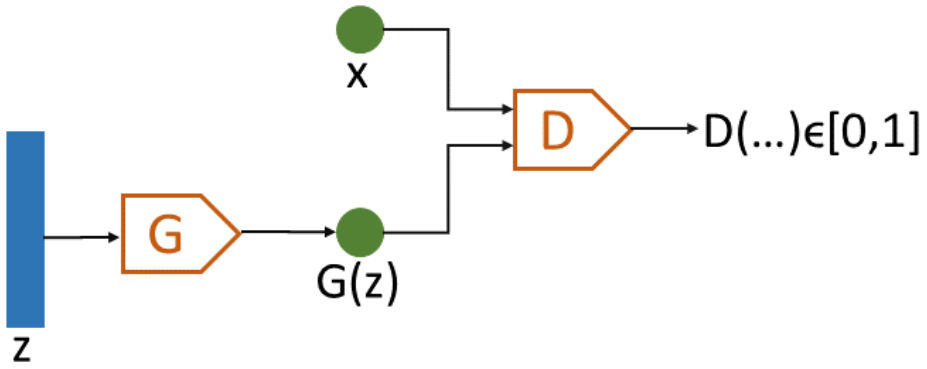


Fig. 1. General Architecture of GAN

mathematically represented as a minimax optimization problem, expressed by the following objective function:

$$\min_G \max_D V(D,G) = E_{\{x} \sim pdata(x)[\log D(x)] + E_{z\sim pz(z)}\left[\log\left(1 - D\left(G(z)\right)\right)\right].$$

Here, the discriminator outputs a value within the interval [0, 1], where 0 corresponds to fake data and 1 to real data. Its goal is to maximize $D(x)$ for real data and minimize $D\left(G(z)\right)$ for generated data. Meanwhile, the generator aims to maximize $D\left(G(z)\right)$, effectively attempting to fool the discriminator. As Goodfellow et al. illustrated, the ideal state for a GAN occurs when the discriminator assigns approximately 0.5 to both $D(x)$ and $D\left(G(z)\right)$, signifying that it can no longer differentiate between real and generated data [4]. At this point, the GAN is considered to have reached equilibrium, achieving an optimal balance between the generator and discriminator.

2. GAN FOR POLYNOMIALS

In this section, we describe the dataset and GAN we constructed and present the results obtained.

2.1. Creating The Dataset

In order to train the GAN we need a dataset of degree two RRP polynomials as the real data. Each polynomial $p(x) = (x - x_1)(x - x_2)$ is created by randomly choosing roots $x_1, x_2 \in [1,32] \subset N$. Then the coefficients of every polynomial p are normalized in the range $[-1,1]$.

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

Since the coefficients produced by G are generally in the range $[-1,1]$, it is better to use normalized (similar) data. Otherwise, if all real data has large coefficients and all generated data has small coefficients, D may be misled during training. We use the training and testing datasets containing 1000 and 200 polynomials respectively. These datasets are available online at alcyon.symbolic-computation.info/data.

2.2. The GAN Structure

Our GAN structure is shown in Fig. 2. The latent space is kept simple, and random noisy data z is generated by using a normal distribution as the input of G. The data is given to D in a random order by combining and mixing, in order not to direct D that all the polynomials it receives as input at the same time during the training process will be either real or generated by G. The output of D is a value in the range of [0, 1] for each polynomial.

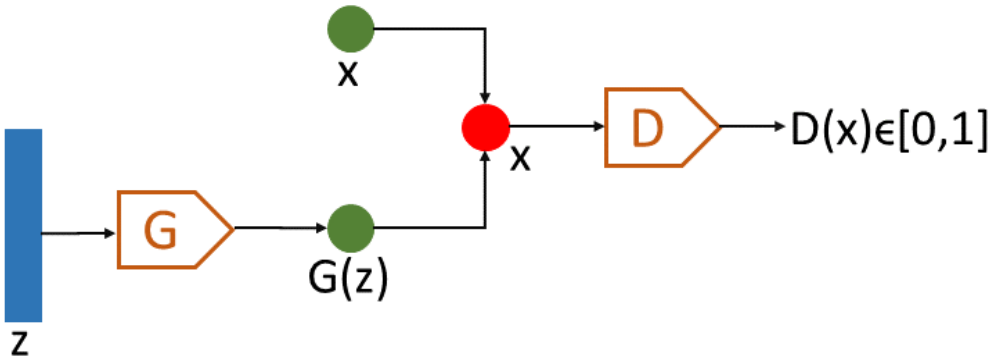


Fig. 2. Architecture of Our GAN

2.3. Networks

Multi-layer perceptron models with 2 hidden dense layers are used for both G and D. These networks with 64 neurons in each hidden layer are fully connected. G has 3 neurons in the output layer, while D has 1.

The activation function in the hidden layers of both G and D is ELU. ELU was chosen also for the output layer of G to create both negative and positive coefficients. For the output layer of D, we use sigmoid, since D performs binary classification and generating values in the range of $[0, 1]$ is convenient (using a threshold value of 0.5).

2.4. Cost Functions

The purpose of D is to classify the polynomials correctly. Assuming the label of a polynomial x_i is y_i, when y_i is 1, D wants to maximize $D(x_i)$, and when y_i is 0, it wants to maximize $1 - D(x_i)$. Thus we use the loss function

$$J_D = y_i \log(D(x_i)) + (1 - y_i) \log(1 - D(x_i))$$

and since D wants to maximize it, the cost function is

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

$$\min_D V(D) = \min_D -\frac{1}{m}\sum_{i=1}^{m} y_i \log D(x_i) + (1-y_i)\log(1-D(x_i)).$$

G generates the coefficients of a polynomial by receiving noisy data z, trying to make the generated data similar to an RRP. Since we restrict to degree two polynomials, we use the discriminant $P([a,b,c]) = b^2 - 4ac$ as the loss function. G aims at making the discriminant positive, thus maximizing $P(G(z_i))$. The cost function is

$$\min_G V(G) = \min_G -\frac{1}{m}\sum_{i=1}^{m} P(G(z_i)).$$

where the loss function is

$$J_G = P(G(z_i).$$

2.5. Optimization

We use stochastic gradient descent (SGD) with a learning rate of 0.0002 as the optimizer for both networks in our GAN architecture. For D, the rate of correct responses to the data was observed using the accuracy metric. When G produces correct data, D, which is constantly improving itself, will reach the point where it will not be able to distinguish between fake and real data, so the accuracy will be around 0.5.

2.6. Training

The process of training is best described by a graph in Fig. 3. We observe the change in the number of non-RRP polynomials from 200 polynomials randomly generated by the generator during the testing phase of each epoch.

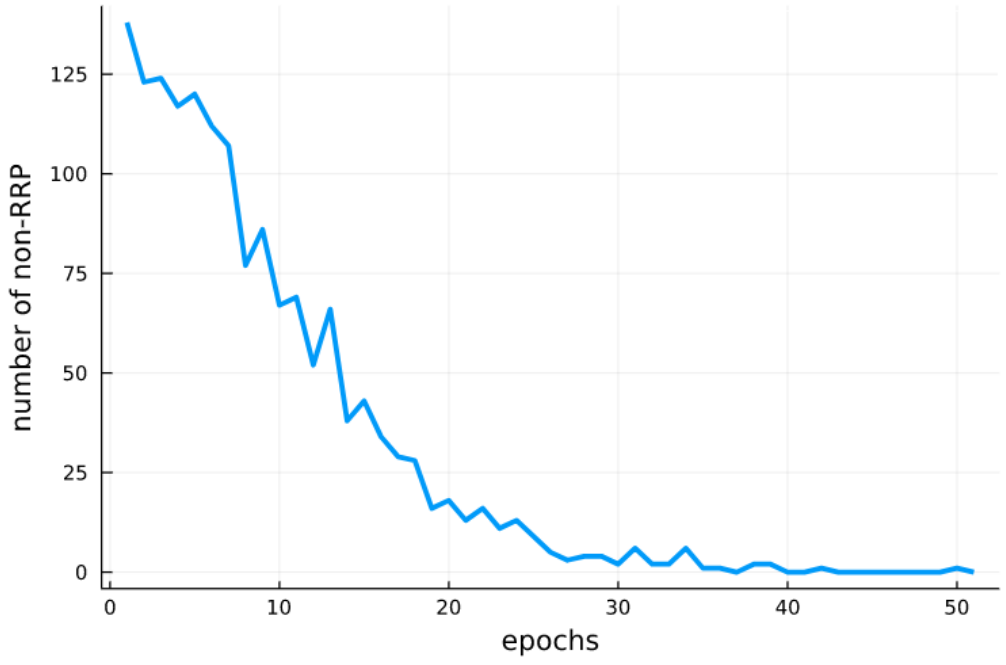


Fig. 3. Number of Non-Real Root Polynomials Created vs Epochs

When D's accuracy reaches close to 0.5, the efficiency of G is 0.99. That was verified by examining clusters containing $60{,}000$ randomly generated polynomials whose coefficients belong to the standard normal distribution.

3. CONCLUSİON

From the experiments we conducted, it is clear that GANs can be used to produce mathematical objects with desired properties. We used a limited number of polynomials formed by choosing roots in $\{1,2,\dots,32\}$, and the GAN produced large-size sets of RRP with coefficients in $[-1,1]$.

The main difficulty lies in the definition of an appropriate loss function. For degree 2 polynomials, the discriminant provides such a loss function with nice properties (e.g., continuous). For higher-degree polynomials, a natural choice would be minimizing the sum of the absolute values of the imaginary parts of the roots. Unfortunately, this function does not have the nice properties that would allow for gradient descent methods to work.

In future work, we plan to extend the described GAN to be able to produce real-rooted polynomials of higher degree.

Acknowledgements: We would like to thank Zafeirakis Zafeirakopoulos for useful discussions. The second author was supported by the project 117E501 under the program 3001 of the Scientific and Technological Research Council of Turkey.

KAYNAKÇA

1. Goodfellow, I., Pouget-Abadie, J., Mirza, M., Xu, B., Warde-Farley, D., Ozair, S., Courville, A., & Bengio, Y., Generative adversarial nets, *Advances in Neural Information Processing Systems*, 27, 2014.

2. Radford, A., Metz, L., & Chintala, S., Unsupervised representation learning with deep convolutional generative adversarial networks, *arXiv preprint*, arXiv:1511.06434, https://arxiv.org/abs/1511.06434 (Erişim tarihi: 30.12.2024).

3. Salimans, T., Goodfellow, I., Zaremba, W., Cheung, V., Radford, A., & Chen, X., Improved techniques for training GANs, *Advances in Neural Information Processing Systems*, 29, 2016.

4. Odena, A., Olah, C., & Shlens, J., Conditional image synthesis with auxiliary classifier GANs, *Proceedings of the 34th International Conference on Machine Learning-Volume 70*, 2642-2651, 2017.
5. Arjovsky, M., Chintala, S., & Bottou, L., Wasserstein GAN, *arXiv preprint*, arXiv:1701.07875, https://arxiv.org/abs/1701.07875 (Erişim tarihi: 30.12.2024).

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

PRODIGY COMPOUND OF HALOPHILIC BACTERIA: ECTOINE

Prof. Dr. Furkan ORHAN[1], Assoc. Prof. Dr. Derya EFE[2], Asst. Prof. HAKAN KARAOĞLU[3]

[1]Ibrahim Cecen University, Department of Molecular Biology and Genetic, biologyyy@gmail.com, ORCID ID: 0000-0001-6906-6604
[2]Giresun University, Espiye Vocational School, Department of Medicinal and Aromatic Plants, mail.derya.efe@gmail.com, ORCID ID: 0000-0003-4230-6780
[3]Recep Tayyip Erdogan University, Department of Basic Sciences, Faculty of Fisheries and Aquatic Sciences, hakan.karaoglu@erdogan.edu.tr, ORCID ID: 0000-0003-4615-1157

ABSTRACT

Halophilic microorganisms exhibit an extraordinary ability to thrive in environments with low water activity, typically associated with high salt concentrations. Their survival in such extreme conditions largely depends on their adept regulation of turgor pressure. These organisms employ two distinct mechanisms to manage turgor pressure. The primary mechanism involves the internal accumulation of salts, predominantly potassium chloride (KCl), within the cell. This accumulation is vital for establishing osmotic equilibrium, effectively countering the salt stress exerted by the external environment. In parallel, the secondary mechanism involves the uptake of solutes that integrate seamlessly with cellular functions. These solutes can be absorbed from the external environment or synthesized *de novo* within the cell, ensuring compatibility with various cellular processes. Ectoine is one of the compounds synthesized de novo in response to salt stress and is the most extensively studied among them. This compound has been shown to effectively stabilize the structures of macromolecules such as DNA, proteins, and lipid bilayers. The stabilizing effects of ectoine result from a mechanism known as preferential exclusion. This process involves the exclusion of ectoine from the hydration layer surrounding the surface of macromolecules, leading to changes in the solvent structure around these macromolecules. The remarkable properties of ectoine have propelled it into the spotlight of numerous scientific investigations and have facilitated its application across diverse fields including cosmetics, medicine, and biotechnology. This review aimed to overview ectoine and its various application areas.

Key Words: halophilic, extreme conditions, ectoine, biotechnology

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

1. INTRODUCTION

Physiological environments generally have moderate conditions, including a pressure of 1 atm, pH of 7.4, temperature of 37 °C, and salinity of up to 3%, which most organisms prefer [1]. However, much of Earth does not maintain such conditions, with significant extreme environments across many regions. Extreme conditions include high or low temperatures, extreme pressures, pH variations, intense radiation, elevated salinity or ionic strength, and high concentrations of metal ions [2]. Unlike many complex eukaryotic organisms, microorganisms can survive across a broad spectrum of harsh, extreme environments beyond typical physiological norms. Microorganisms that thrive under extreme conditions such as psychrophiles, thermophiles, acidophiles, alkaliphiles, halophiles, xerophiles, barophiles, and radiophiles are known as extremophiles [3]. Recently, researchers have focused on identifying these extremophiles to understand their diversity, adaptation mechanisms, and potential for biotechnologically valuable bioproducts [4]. Among these, halophiles are particularly notable for their unique adaptations that enable survival in high-salinity environments, where salinity is a major factor influencing microbial community diversity. Saline environments covering much of Earth include tidal pools, salt mineral deposits, marine environments, soda lakes, hot springs, and saline soils [5]. Halophiles require at least 1 M salt concentration for growth and can thrive across various salinities. Based on their optimal salt requirements, halophiles are categorized as slight (0.34-0.85 M NaCl), moderate (0.85-3.4 M NaCl), and extreme halophiles (3.4-5.1 M NaCl). Halotolerant microorganisms, on the other hand, do not require high salt concentrations but can grow in both high and low salt conditions. Halophiles that can endure multiple extreme factors, such as pH, salinity, and temperature variations, are known as poly-extremophilic microorganisms [6].

Halophiles have a wide range of biotechnological applications. They are used in the bioremediation of unarable agricultural areas [7], and the biodegradation of diverse hydrocarbons, including plastics and petroleum hydrocarbons such as ethylbenzene, xylene, benzene, and toluene [8, 9]. Halophiles also play a role in producing biodegradable plastics like polyhydroxyalkanoate (PHA), poly-3-hydroxybutyrate (PHB), poly(3-hydroxybutyrate-co-3-hydroxy valerate) (PHBV), and polyhydroxy valerate (PHV) [10, 11], Additionally, halophiles contribute to the development of cost-effective liposomes for nano-delivery-based vaccination, a promising approach in treating neoplastic diseases, cancer, and allergies [12]. Further applications include the production of small antimicrobial peptides with potential in biomedicine [13], metal bioremediation [14], and the production of enzymes with superior properties for industrial use [15, 16]. Halophiles are also involved in biofuel production [17], pigment production with antioxidant properties [18], and potential treatments for neurodegenerative diseases [19].

Among various biotechnologically significant metabolites produced by halophiles, ectoine is one of the most attractive compounds synthesized de novo in response to salt stress. This compound effectively stabilize the structures of macromolecules such as DNA, proteins, and lipid bilayers [20, 21, 22, 23]. Ectoine's stabilizing effects are attributed to a mechanism known as preferential exclusion, whereby ectoine is excluded from the hydration

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

layer surrounding macromolecules, altering the solvent structure around them. The unique properties of ectoine have made it a focus of extensive scientific research and have facilitated its application in diverse fields, including biotechnology, industry, medicine, and cosmetics.

1.1. Biotechnology and industry

Ectoine has various notable applications in biotechnology and industry. One significant use is its ability to enhance the catalytic efficiency of lipase enzymes in biodiesel production, leading to higher biodiesel yields [24]. Ectoine has also been shown to stabilize lactoperoxidase enzymes, commonly utilized in the food industry. In addition, adding ectoine to the cultivation medium of the ethanol-producing bacterium *Zymomonas mobilis* has been found to improve both cell growth and glucose utilization while protecting the cells from ethanol's harmful effects during fermentation [25]. Another essential enzyme in molecular biology, lysozyme, plays a critical role in cell lysis, protein purification, and nucleic acid extraction. A recent study demonstrated that ectoine effectively stabilizes lysozyme in aqueous solutions exposed to heat shock at 70 °C for 10 minutes [26]. Furthermore, ectoine has emerged as a promising cryoprotectant for preserving bacterial cells as well as human cells, including oocytes, red blood cells, and natural killer cells, noted for its lack of adverse side effects [27, 28, 29, 30]. Additionally, the inclusion of ectoine in microbial denitrification processes has been shown to enhance nitrate reduction, thereby improving the denitrification of saline wastewater [31]. This potential not only promises to mitigate economic losses but also holds the prospect of expanding its utilization in the health and biotechnology sectors in the future.

1.2. Medicine

In medicine, studies on human epithelial cells, mice, and rats have shown that ectoine and its derivatives effectively alleviate intestinal disorders [32]. Long-term application of ectoine has been associated with the hypomethylation of CpG islands in skin cells and a reduction in 5-methylcytosine levels. Additionally, ectoine has been observed to modulate the expression of genes involved in epigenetic modifications [33]. Ectoine has also proven more effective than saline solution in relieving symptoms in patients with acute respiratory infections and acute bronchitis [34]. Its protective effects extend to eye health, particularly in treating tear fluid and dry eye [35]. Moreover, a study involving 33 patients with mild airway disease symptoms found that inhaling ectoine significantly reduced neutrophilic lung inflammation [36]. The compound has demonstrated efficacy in alleviating symptoms of allergic conditions, such as allergic rhinitis and acute rhinosinusitis [37]. Furthermore, ectoine shows promise in reducing side effects caused by radiotherapy or chemoradiation [38].

1.3. Cosmetics

The skin, the outermost of the body, is exposed to various external factors, including cold or hot temperatures, winds, surfactants, harmful cosmetics and cleaning products, radiation, and sun rays. These factors cause skin dryness, accelerated skin staining, and aging [39]. Seconder metabolites being produced by extremophiles against exposure to various stress factors, especially ectoine and its derivatives, have great potential for skin care [40]. Ectoine, a compatible solute, effectively protects cell membranes from surfactant damage and enhances skin barrier function when applied topically. Transepidermal water

loss tests indicate that ectoine improves skin hydration and has long-term moisturizing benefits [40].

Ectoine forms stable water clusters, outperforming glycerol in water retention at high temperatures. This stability is attributed not only to hydrogen bonding but also to ectoine's unique zwitterionic structure, which enhances its water-binding ability [41]. Consequently, ectoine is particularly promising for preventing water loss in dry or aging skin, promoting skin health, and reducing signs of aging [42]. Addison's disease, skin aging and damage, and melasma lead to pigmentation disparities and skin blemishes. The treatment of these skin diseases is mostly performed by natural whitening agents without side effects. Ectoine is an outstanding whitening compound with the ability to inhibit melanogenesis since it reduces mushroom and cellular tyrosinase levels, and inhibits melanin synthesis, the expressions of melanogenesis-related and melanoma-related proteins. Besides, it possesses no cytotoxic effects [43].

REFERENCES

[1] Merino, N., Aronson, H.S., Bojanova, D.P., Feyhl-Buska, J., Wong, M.L., Zhang, S., Giovannelli, D. Living at the Extremes: Extremophiles and the Limits of Life in a Planetary Context, Frontier Microbiology, April 10,780, 2019. doi:10.3389/fmicb.2019.00780

[2] Cayol, J.L., Ollivier, B., Alazard, D., Amils, R., Godfroy, A., Piette, F., Prieur, D. The Extreme Conditions of Life on the Planet and Exobiology. Environmental Microbiology, Fundamentals and Applications, 353-394, 2014. doi:10.1007/978-94-017-9118-2-10.

[3] Rekadwad, B.N., Li, W.J., Gonzalez, J.M., Punchappady, D.R., Ananthapadmanabha, B.A., Urana, R., Parwez, K. Extremophiles: the species that evolve and survive under hostile conditions, 3 Biotech, September,13(9):316, 2023. doi: 10.1007/s13205-023-03733-6.

[4] Raddadi, N., Cherif, A., Daffonchio, D., Neifar, M., Fava, F. Biotechnological applications of extremophiles, extremozymes and extremolytes, Applied Microbiology and Biotechnology, October, 99(19):7907-7913, (2015). doi:10.1007/s00253-015-6874.

[5] Pikuta, E.V., Hoover, R.B., Tang, J. Microbial extremophiles at the limits of life. Critical Reviews of Microbiology, 33(3): 183-209, 2008. doi:10.1080/10408410701451948.

[6] Dutta, B., Bandopadhyay, R. Biotechnological potentials of halophilic microorganisms and their impact on mankind. Beni Suef University Journal of Basic and Applied Sciences, May, 11(1):75, 2022. doi: 10.1186/s43088-022-00252-w.

[7] Orhan, F. Alleviation of salt stress by halotolerant and halophilic plant growth-promoting bacteria in wheat (Triticum aestivum). Brazilian Journal of Microbiology, September, 47:621-627, 2016. doi: 10.1016/j.bjm.2016.04.001

[8] Margesin, R., Moertelmaier, C., Mair, J. Low-temperature biodegradation of petroleum hydrocarbons (n-alkanes, phenol, anthracene, pyrene) by four actinobacterial strains. International Biodeterioration & Biodegradation Journal, October, 84: 185-191, 2013. doi: 10.1016/j.ibiod.2012.05.004.

[9] Moharir, R.V., Kumar, S. Challenges associated with plastic waste disposal and allied microbial routes for its effective degradation: a comprehensive review. Journal of Cleaner Production, January, 208:65-76, 2019. doi: 10.1016/j.jclepro.2018.10.059.

[10] Sekiguchi, T., Sato, T., Enoki, M. Isolation and characterization of biodegradable plastic degrading bacteria from deep-sea environments. JAMSTEC Report of Research and Development, September, 11:33-41, 2011. doi: 10.5918/jamstecr.11.33.

[11] Cristea, A., Baricz, A., Leopold, N., Floare, C.G., Borodi, G., Kacso, I., Tripon, S., Bulzu, P.A., Andrei, A., Cadar, O., Levei, E.A., Banciu, H.L. Polyhydroxybutyrate production by an extremely halotolerant Halomonas elongata strain isolated from the hypersaline meromictic Fără Fund Lake (Transylvanian Basin, Romania). Journal of Applied Microbiology, November, 125(5):1343-1357, 2018. doi: 10.1111/jam.14029.

[12] McCluskie, M.J., Deschatelets, L., Krishnan, L. Sulfated archaeal glycolipid archaeosomes as a safe and effective vaccine adjuvant for induction of cell-mediated immunity. Human Vaccines& Immunotherapeutics, December, 2(13): 2772-2779, 2017. doi: 10.1080/21645515.2017.1316912.

[13] Hu, C.B., Malaphan, W., Zendo, T., Nakayama, J., Sonomoto, K. Enterocin X, a novel two-peptide bacteriocin from Enterococcus faecium KU-B5, has an antibacterial spectrum entirely different from those of its component peptides. Applied and Environmental Microbiology, July, 76:4542-4545, 2010. doi: 10.1128/AEM.02264-09.

[14] Diba, H., Cohan, R.A., Salimian, M. Mirjani, R., Soleimani, M., Khodabakhsh, F. Isolation and characterization of halophilic bacteria with the ability of heavy metal bioremediation and nanoparticle synthesis from Khara salt lake in Iran. Archives of Microbiology, September, 203:3893-3903, 2021. doi: 10.1007/s00203-021-02380-w.

[15] Gaonkar, S.K., Furtado, I.J. Isolation and culturing of protease-and lipase-producing Halococcus agarilyticus GUGFAWS-3 from marine Haliclona sp. inhabiting the rocky intertidal region of Anjuna in Goa. Indian Journal of Microbiology Research, November, 68:851-861, 2018. doi: 10. 1007/ s13213- 018- 1391-6.

[16] Siroosi, M., Borujeni, F.B., Amoozegar, M.A. Babavalian, H., Hassanshahian, M. Halophilic amylase production and purification from Haloarcula sp. strain D61. Biointerface Research in Applied Chemistry, June, 11:7382-7392, 2021. doi: 10. 33263/ BRIAC 111.73827392.

[17] Li, X., Yu, H.Y. Halostable cellulase with organic solvent tolerance from Haloarcula sp. LLSG7 and its application in bioethanol fermentation using agricultural wastes. Journal of Industrial Microbiology and Biotechnology, December, 40:1357-1365, 2013. doi: 10. 1007/s10295-013-1340-0.

[18] DasSarma, S., Schwieterman, E.W. Early evolution of purple retinal pigments on earth and implications for exoplanet biosignatures. International Journal of Astrobiology, June, 20: 241-250, 2019. doi: 10.1017/S1473550418000423.

[19] Evrensel, A., Ceylan, M.E. Fecal microbiota transplantation and its usage in neuropsychiatric disorders. Clinical Psychopharmacology and Neuroscience, August, 14:231-237, 2016. doi: 10.9758/cpn.2016.14.3.231.

[20] Czech, L., Hermann, L., Stöveken, N., Richter, A.A., Höppner, A., Smits, S.H.J, Heider, J., Bremer, E. Role of the extremolytes ectoine and hydroxyectoine as stress protectants and nutrients: genetics, phylogenomics, biochemistry, and structural analysis. Genes (Basel), March, 22: 9(4):177, 2018. doi: 10.3390/genes9040177.

[21] Hahn, M.B., Solomun, T., Wellhausen, R., Hermann, S., Seitz, H., Meyer, S., Kunte, H.J., Zeman, J., Uhlig, F., Smiatek, J., Sturm, H. Influence of the Compatible Solute Ectoine on the Local Water Structure: Implications for the Binding of the Protein G5P to DNA. The Journal of Physical Chemistry B, December, 10:119(49):15212-20, 2015. doi: 10.1021/acs.jpcb.5b09506.

[22] Zaccai, G., Bagyan, I., Combet, J., Cuello, G.J., Demé, B., Fichou, Y., Gallat, F.X., Galvan, Josa V.M., von Gronau, S., Haertlein, M., Martel, A., Moulin, M., Neumann, M., Weik, M., Oesterhelt, D. Neutrons describe ectoine effects on water H-bonding and hydration around a soluble protein and a cell membrane. Scientific reports, August,16: 6(1), 31434, 2016. doi: 10.1038/srep31434.

[23] Keller, F., Heuer, A., Galla, H. J., Smiatek, J. (2021). Stabilization of DPPC lipid bilayers in the presence of co-solutes: molecular mechanisms and interaction patterns.

Physical Chemistry Chemical Physics, October, 23(40): 22936-22946, 2021. doi: 10.1039/d1cp03052c.

[24] Wang, Y., Zhang, L. Ectoine improves yield of biodiesel catalyzed by immobilized lipase. Journal of Molecular Catalysis B: Enzymatic, January, 62(1): 90-95, 2010. doi: 10.1016/j.molcatb.2009.09.014.

[25] Zhang, L., Lang, Y., Wang, C., Nagata, S. Promoting effect of compatible solute ectoine on the ethanol fermentation by Zymomonas mobilis CICC10232. Process Biochemistry, June, 43(6): 642-646, 2008. doi: 10.1016/j.procbio.2008.02.003.

[26] Avanti, C., Saluja, V., Van Streun, E.L., Frijlink, H.W., Hinrichs, W.L. Stability of lysozyme in aqueous extremolyte solutions during heat shock and accelerated thermal conditions. PLoS One, Jaunary, 9(1): e86244, 2014. doi: 10.1371/journal.pone.0086244.

[27] Choi, J.K., El Assal, R., Ng, N., Ginsburg, E., Maas, R.L., Anchan, R.M., Demirci, U. Bio-inspired solute enables preservation of human oocytes using minimum volume vitrification. Journal of Tissue Engineering and Regenerative Medicine, 12(1): e142-e149, 2018. doi: 10.1002/term.2439.

[28] El Assal, R., Guven, S., Gurkan, U.A., Gozen, I., Shafiee, H., Dalbeyber, S., Abdalla, N., Thomas, G., Fuld, W., Illigens, B.M., Estanislau, J., Khoory, J., Kaufman, R., Zylberberg, C., Lindeman, N., Wen, Q., Ghiran, I., Demirci, U. Bio-inspired cryo-ink preserves red blood cell phenotype and function during nanoliter vitrification. Advanced materials (Deerfield Beach, Fla.), September, 26(33):5815-22, 2014. doi: 10.1002/adma.201400941.

[29] Pasley, S., Zylberberg, C., Matosevic, S. Natural killer-92 cells maintain cytotoxic activity after long-term cryopreservation in novel DMSO-free media. Immunology Letters, December, 192, 35-41, 2017. doi: 10.1016/j.imlet.2017.09.012.

[30] Orhan, F., Demirci, A., Efe, D., Aydın, R., Bozarı, S. Usage of ectoine as a cryoprotectant for cryopreservation of lactic acid bacteria. Folia Microbiologica, February, 69(1): 133-144, 2024. doi: 10.1007/s12223-023-01098-0.

[31] Cyplik, P., Piotrowska-Cyplik, A., Marecik, R., Czarny, J., Drożdżyńska, A., Chrzanowski, Ł. Biological denitrification of brine: the effect of compatible solutes on enzyme activities and fatty acid degradation. Biodegradation, September, 23, 663-672, 2012. doi: 10.1007/s10532-012-9542-0.

[32] Castro-Ochoa, K.F., Vargas-Robles, H., Chánez-Paredes, S., Felipe-López, A., Cabrera-Silva, R.I., Shibayama, M., Betanzos, A., Nava, P., Galinski, E.A., Schnoor,

M. Homoectoine Protects Against Colitis by Preventing a Claudin Switch in Epithelial Tight Junctions. Digestive Diseases and Sciences, February, 64(2):409-420, 2019. doi: 10.1007/s10620-018-5309-8.

[33] Qaria, M.A., Xu, C., Hu, R., Alsubki, R.A., Ali, M.Y., Sivasamy, S., Attia, K.A., Zhu, D. Ectoine Globally Hypomethylates DNA in Skin Cells and Suppresses Cancer Proliferation. Marine Drugs, November, 21(12): 621. doi: 10.3390/md21120621.

[34] Tran, B.H., Dao, V.A., Bilstein, A., Unfried, K., Shah-Hosseini, K., Mösges, R. Ectoine-containing inhalation solution versus saline inhalation solution in the treatment of acute bronchitis and acute respiratory infections: a prospective, controlled, observational study. BioMed research international, January, 7945091, 2019. doi: 10.1155/2019/7945091.

[35] Dwivedi, M., Brinkkötter, M., Harishchandra, R. K., Galla, H.J. Biophysical investigations of the structure and function of the tear fluid lipid layers and the effect of ectoine. Part B: artificial lipid films. Biochimica et Biophysica Acta (BBA)-Biomembranes, October 1838(10): 2716-27, 2014. doi: 10.1016/j.bbamem.2014.05.007.

[36] Unfried, K., Krämer, U., Sydlik, U., Autengruber, A., Bilstein, A., Stolz, S., Marini, A., Schikowski, T., Keymel, S., Krutmann, J. Reduction of neutrophilic lung inflammation by inhalation of the compatible solute ectoine: a randomized trial with elderly individuals. International journal of chronic obstructive pulmonary disease, October, 18(11), 2573-2583, 2016. doi: 10.2147/COPD.S115061.

[37] Werkhäuser, N., Bilstein, A., Sonnemann, U. Treatment of allergic rhinitis with ectoine containing nasal spray and eye drops in comparison with azelastine containing nasal spray and eye drops or with cromoglycic acid containing nasal spray. Journal of Allergy, January 176597, 2014. doi: 10.1155/2014/176597.

[38] Rieckmann, T., Gatzemeier, F., Christiansen, S., Rothkamm, K., Münscher, A. The inflammation-reducing compatible solute ectoine does not impair the cytotoxic effect of ionizing radiation on head and neck cancer cells. Scientific reports, April 29:9(1), 6594, 2019. doi: 10.1038/s41598-019-43040-w.

[39] Graf, R., Anzali, S., Buenger, J., Pfluecker, F., Driller, H. The multifunctional role of ectoine as a natural cell protectant. Clinics in Dermatology, August, 26(4):326-33, 2008. doi: 10.1016/j.clindermatol.2008.01.002.

[40] Lentzen, G., Schwarz, T. Extremolytes: natural compounds from extremophiles for versatile applications. Applied Microbiology and Biotechnology, October 72(4):623-34, 2006. doi: 10.1007/s00253-006-0553-9.

[41] Yu, I., Nagaoka, M. Slowdown of water diffusion around protein in aqueous solution with ectoine. Chemical Physics Letters, April 388 (6-4), 316-321, 2004. doi: 10.1016/j.cplett.2004.02.104

[42] Lee, S.R., Kim, Y.S. Effect of Ectoin a Natural Ingredient on Skin Hydration and Skin Moisture Content. Asian Journal of Beauty and Cosmetology, September 16(3): 437-447,2018. doi: 10.20402/ajbc.2018.0240.

[43] Yao, C.L., Lin, Y.M., Mohamed, M.S., Chen, J.H. Inhibitory effect of ectoine on melanogenesis in B16-F0 and A2058 melanoma cell lines. Biochemical Engineering Journal, Jabuary 78, 163-169, 2013. doi: 10.1016/j.bej.2013.01.005.

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

THE IMPROVEMENT OF *Anoxybacillus gonensis* G2^{T}'s GLUCOSE ISOMERASE BY SITE-DIRECTED MUTAGENESIS

Asst. Prof. HAKAN KARAOĞLU[1], Master's graduate OSMAN RAMOĞLU[2], Assoc. Prof. DERYA EFE[3]

[1]Recep Tayyip Erdogan University, Department of Basic Sciences, Faculty of Fisheries and Aquatic Sciences, hakan.karaoglu@erdogan.edu.tr, ORCID ID: 0000-0003-4615-1157
[2]Recep Tayyip Erdogan University, Department of Basic Sciences, Faculty of Fisheries and Aquatic Sciences, osmanramoglu@gmail.com, ORCID ID:0009-0008-6139-6834
[3]Giresun University, Espiye Vocational School, Department of Medicinal and Aromatic Plants, mail.derya.efe@gmail.com, ORCID ID: 0000-0003-4230-6780

ABSTRACT

In this study, the leucine at 252. position considered a critical point, was converted to arginine through the L252R mutation using the site-specific mutation method on glucose isomerase, for which all biochemical and kinetic parameters had been previously established. The biochemical and kinetic parameters of the recombinant mutant enzyme (*Ago*G2GI-L252R) were then compared to those of the wild-type enzyme (*Ago*GI).

According to the results, the optimum temperature and pH of *Ago*G2GI-L252R were 85 ºC and pH 6.50. The kinetic parameters for glucose were 143.86 ± 9.58 mM and 39.48 ± 0.92 µmoL/min/mg protein for values of K_m and V_{max}, respectively. Considering that the optimal working temperature of *A. gonensis* GI is 85 ºC, the optimal working pH is 6.50, and the kinetic parameters include a *Km* value of 138.37 ± 7.63 mM for glucose and a *Vmax* value of 40.51 ± 0.81 µmoL/min/mg protein, the conversion of the 252nd amino acid from leucine to arginine did not affect the biochemical and kinetic parameters of the enzyme. Additionally, according to the results of the thermal stability experiment conducted at 85 ºC, the half-life of *A. gonensis* GI decreased from 4.9 hours to 4.23 hours. The L252R mutation impaired the thermal stability of *Ago*G2GI by 7.8 % rather than improving it. Consequently, it is planned to investigate the effects of different amino acid mutations at the 252nd position, which has been identified as significant for thermal stability.

Keywords: glucose isomerase, *A. gonensis*, thermophilic, site-directed mutation

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

1. INTRODUCTION

The most used sweetener today, HFCS (high fructose corn syrup), is produced by mixing glucose and fructose with various proportions. HFCS is divided into three types according to the ratio of glucose and fructose components in the mixture; *i*) HFCS-42 (58% glucose and 42% fructose), *ii*) HFCS-55 (45% glucose and 55% fructose), and *iii*) HFCS-90 (10% glucose and 90% fructose) [1].

HFCS is sweeter than both sucrose and glucose. The sweetening capacity of glucose is approximately 70% of sucrose's, on the other hand, the sweetening capacity of fructose is twice of sucrose. As a result, HFCS is produced by mixing an equal amount of glucose and fructose is sweeter 1.7 times than sucrose and 1.3 times sweeter than sucrose [2, 3]. Comparing HFCS and sucrose based on production cost, HFCS is 10-20% cheaper than sucrose. The ingredient of HFCS, D-fructose, is absorbed significantly slowly and has a slight effect on the glucose level of the blood. Therefore, HFCS is often preferred as a sweetener for individuals with diabetes [2]. HFCS offers several advantages in storage and transportation due to its low viscosity and resistance to crystallization. Additionally, HFCS helps retain moisture in foods, preventing them from drying out, enhances flavor, and is abundant in fermentable sugars [4, 5]. Due to its versatile properties, High Fructose Corn Syrup (HFCS) is widely utilized in the beverage industry, dairy products, processed foods, and a variety of cereal-based products. It is particularly common in bread, cookies, biscuits, cakes, pastries, and fillings for jellies and tarts. HFCS enhances the shelf life of these products, imparts an appealing crust color, and enriches flavor [6, 7, 8, 9]. In pickled products, it is valued for their ability to lower water activity. HFCS boosts emulsion stability and lowers the energy content in canned foods, soups, mayonnaise, and salad dressings. Additionally, in ice cream, it contributes to desirable meltability, smooth texture, increased volume, and improved viscosity regulation [10, 11].

The isomerization of glucose to fructose can be carried out via chemical reactions, however, chemical reactions produce non-specific and non-metabolizable sugars. Therefore, HFCS produced by enzymatic reactions is preferred over chemical reactions [12]. Xylose isomerase (D-xylose ketol-isomerase) (E.C 5.3.1.5) isomerizing D-xylose to D-xylulose can also isomerizes D-glucose to D-xylose *in vitro*, and is named also glucose isomerase (GI). GI, the key enzyme for HFCS production, has been studied by hundreds of researchers [13]. Enzymes have been sourced from hundreds of different origins, with their biochemical and kinetic properties extensively characterized. The three-dimensional structure of these enzymes, along with their mechanisms of action on specific substrates, has been thoroughly investigated. Additionally, protein engineering and immobilization techniques have been applied to optimize these enzymes for commercial use [3, 14, 10, 11]. Specifically, through targeted mutations using protein engineering techniques, enzymes with enhanced properties such as increased thermal stability, a lower optimum pH, and altered substrate specificity have been developed [14, 15].

In this study, an L252R mutation was introduced into the 1326 nt xylA gene of the thermophilic *Anoxybacillus gonensis*, previously characterized by Karaoğlu et al. (2013), targeting a highly conserved region of the amino acid sequence using a region-specific mutation method [16]. Building on this, the mutant gene encoding the glucose isomerase enzyme was cloned into an expression vector to facilitate abundant production of the

enzyme. The enzyme was subsequently purified using a variety of protein purification techniques, and its biochemical and kinetic parameters were thoroughly analyzed

2. MATERIAL and METHODS

2.1. Primer designing and performing L252 mutation in GI

Primers incorporating the desired mutation were designed and synthesized to introduce an arginine substitution at the 252nd amino acid position, based on the nucleotide sequence of *A. gonensis* GI (Figure 1, Table 1).

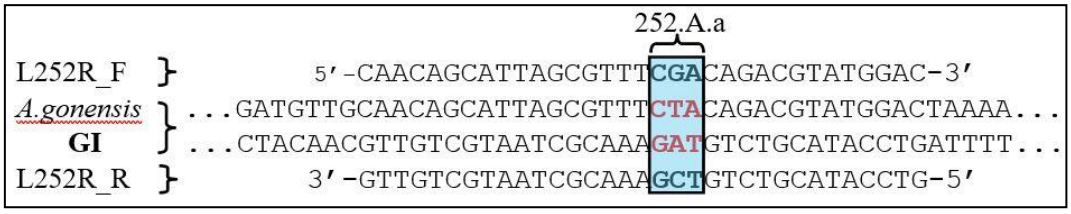


Figure 1. The gene region used in designing primers with desired mutations

Table 1. The primers used in performing L252 mutation

Mutation Primers	Oligo nükleotic sequence
L252R_F (33 nt)	5′-CAA CAG CAT TAG CGT TTC GAC AGA CGT ATG GAC-3′
L252R_R (33 nt)	5′-GTC CAT ACG TCT GTC GAA ACG CTA ATG CTG TTG-3′

GI gene of *A. gonensis* was cloned into the pET 28(a+) vector before. The recombinant plasmid (pETG2GI) was isolated from pETG2GI by GeneJet Plasmid Miniprep Kit (Thermo Scientific) according to the manufacturer's recommendations. L252R mutations were performed by PCR reaction. In the PCR reaction, pETG2GI as template DNA and the primers (Table 1) and Long PCR Kit (Thermo Scientific) were used. The PCR reaction mixture included 1 µL of L252R_F and L252R_R primers, 2.5 µL dNTP (2 mM), 2.5 µL $MgCl_2$ (25 mM), 5 µL 10X PCR buffer, 1 µL pETG2GI, and 1 U of DNA polymerase (Thermo Scientific Long PCR Enzyme) in 50 µL. The PCR conditions were as follows: initial denaturation at 94 °C for 2 minutes (1 cycle), followed by 37 cycles of denaturation at 94°C for 1 minute, annealing at 60°C for 1 minute, and elongation at 68 °C for 8 minutes. A final elongation step was performed at 68°C for 10 minutes, and the reaction was then held at 4°C.

2.2. PCR product digestion by DpnI restriction endonuclease and transformation of digestion product *E. coli* DH5α

The template DNA, pETG2GI, isolated from *E. coli* was methylated and had to be removed from the PCR product. Therefore, the template DNA pETG2GI was removed using the DpnI restriction endonuclease, which recognizes the GATC sequence and cuts the methylated form of adenine. The digestion reaction was performed in 50 µL of final volume at 37 °C for 2 hours. The digestion product was transformed into *E. coli* DH5α including the

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

recA gene by the $CaCl_2$ method. The bacteria were incubated at 37 °C for 16 hours on Luria Bertanie-Agar (LBA) with kanamycin. The plasmids of pETG2GI-L252R were sequenced, and confirmed by Macrogen. Mutant plasmids were isolated and transformed into *E. coli* BL21 DE3 by $CaCl_2$ method.

2.3. The expression and purification of mutant GI

E. coli BL21 cells containing the pETG2GI-L252R plasmid were grown to an optical density (OD_{600}) of approximately 0.6. Heterologous expression of the target gene was induced by adding 1 mM IPTG, and the culture was incubated for an additional 4 hours. Cells were collected by centrifugation at 12000 rpm for 5 minutes. The harvested cells were lysed using a Sartorius Labsonic M sonicator. The lysate was clarified by centrifugation at 14.800 rpm for 15 minutes to remove cell debris, and the resulting cell-free extract was assayed for glucose isomerase activity [16].

The L252R mutant GI was first exposed to heat shock at 65 °C for 10 minutes and centrifuged at 14.800 rpm for 15 minutes to remove mesophilic proteins. Ion exchange and hydrophobic interaction chromatography were subsequently carried out using a 1.5 × 50 cm column on a Bio-Rad Biologic LP System. Diethylaminoethyl (DEAE)-Sepharose Fast Flow (Sigma) was employed as the matrix for ion exchange chromatography, while Phenyl Sepharose 6 Fast Flow (Sigma) served as the matrix for hydrophobic interaction chromatography. The purification of L252R mutant GI was performed according to the method described by Akpinar and Karaoglu (2024). To control the purity of the enzyme, sodium dodecyl sulfate-polyacrylamide gel electrophoresis (SDS-PAGE) was performed [17].

2.4. The biochemical studies

2.4.1. Determination of GI activity and protein concentration

GI activity used in all purification, biochemical characterization, and kinetic parameter studies was performed according to the method described by Karaoglu et al. (2013) [16]. GI activity was determined using a reaction mixture comprising 10 mM $MgSO_4$, 1 mM $CoCl_2$, 0.2 M glucose, and the enzyme in 50 mM MOPS buffer (pH 6.5). The reaction was carried out at 85 °C for 30 minutes in a total volume of 100 µL. The reaction was terminated by adding 100 µL of 0.5 M perchloric acid, followed by 40 µL of 1.5% cysteine hydrochloride solution and 40 µL of 0.12% carbazole solution. Subsequently, 1.2 mL of 70% sulfuric acid was added to the mixture, which was then vortexed and incubated at room temperature for 30 minutes. The absorbance of the solution at 560 nm was measured to quantify fructose production. Fructose concentration was determined using the cysteine-carbazole-sulfuric acid method. One unit of glucose isomerase activity was defined as the amount of enzyme required to catalyze the formation of 1 µmoL of fructose per minute under the described assay conditions. Protein concentrations were measured at 595 nm according to the method developed by Bradford (1976) [18].

2.4.2. Biochemical and kinetic studies

To reveal the optimum temperature, the L252R mutant GI activity was measured at 35, 40, 45, 50, 55, 60, 65, 70, 75, 80, 85, 90, 95, and 100 ºC. To demonstrate that the thermal

stability of the L252R mutant GI was incubated at 65 ºC and the GI activity experiments were performed as explained before. Consequently, the percentage (%) of residual activity of the L252R mutant GI was calculated at intervals and compared to the unincubated enzyme. The optimum pH value was determined by the reaction series performed at citrate buffer (pH 3.0-6.0), potassium phosphate buffer (pH 6.0-7.5), Tris-HCl buffer (pH 7.5-8.5), and glycine-NaOH buffer (pH 8.5-10.0). The percentage (%) of residual GI activity was determined by comparing it with the activity of the unincubated enzyme. The kinetic parameters of *Ago*G2GI-L252R and *Ago*G2GI-rec were determined by enzymatic reactions between 0- 400 mM D-glucose. Kinetic parameters, including V_{max} (µmoL/min/mg), K_m (Michaelis-Menten constant, mM), and k_{cat} (1/s), were determined using OriginPro 9.8.2.200 software for data analysis and graphing [19].

2. RESULTS and DISCUSSION

Glucose (xylose) isomerases serve as model enzymes for investigating thermostability due to their critical role in the industrial production of HFCS from starch. The thermodynamic equilibrium between fructose and glucose shifts toward a higher fructose ratio at elevated temperatures. Commercial processes typically employ immobilized enzymes at approximately 60 °C, which represents the effective upper limit of their thermostability. At this temperature, the process yields syrups containing 45% fructose and 55% glucose. However, syrups with 55% fructose are more desirable for applications in food and beverages. Currently, these higher-fructose syrups are produced by fortifying the initial syrup with chromatographically purified fructose, an expensive additional step. This costly process could be eliminated if isomerization could be carried out at 90-95 °C, where 55% fructose syrups could theoretically be produced directly. Consequently, there is significant interest in identifying stable glucose isomerases at these elevated temperatures [20].

This study was planned to increase the thermal stability of the GI of *A. gonensis* by the L252 mutation. The mutation was successfully carried out and the mutant enzyme was overproduced in the *E. coli* BL21 strain. The produced enzyme was successfully purified by heat shock treatment, ion exchange chromatography, and hydrophobic interaction chromatography (Table 2).

Table 2. Purification of *Ago*G2GI-L252R

Steps	Volume (mL)	Protein (mg/mL)	T. Protein (mg)	T. Aktivite (U)	S. Activity (U/mg)	Yield	Purification Fold
CE	3.30	4.23	13.96	16.83	1.21	100.0	1.00
Sıcak Şoku	3.23	2.29	7.40	16.47	2.23	97.9	1.85
I.E.C.C.	9.60	0.14	1.34	11.05	8.22	67.1	6.82
Hydrophobic C.C.	7.27	0.098	0.71	6.54	9.18	38.9	7.62

As a result of optimum temperature and pH studies, the optimum working temperature of the purified enzyme was found to be 85 °C and the optimum working pH was found to be 6.5 (Figure 2 and Figure 3).

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

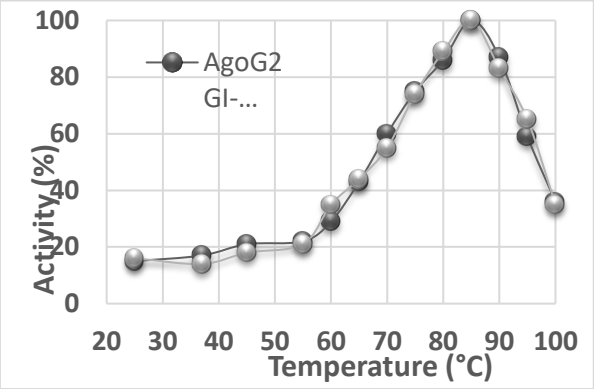


Figure 3. The effect of pH on *Ago*G2GI and *Ago*G2GI-L252R

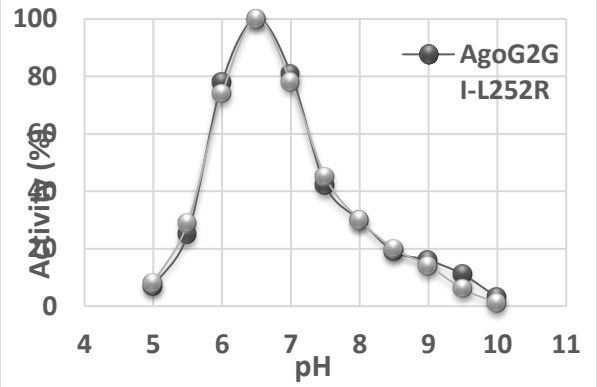


Figure 2. The effect of temperature on *Ago*G2GI and *Ago*G2GI-L252R

As a result of the applications carried out at 85°C to increase the thermal stability, which is the main target of the study, it was determined that the mutation did not increase the thermal stability of *Ago*G2GI, and even the half-life of the enzyme decreased by 7.8 % as a result of the applications carried out at 85 °C (Figure 4). The K_m value of the mutant enzyme for glucose was calculated as 143.86 ± 9.58 mM and the V_{max} value as 39.48 ± 0.92 µmoL/min/mg protein (Figure 5).

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

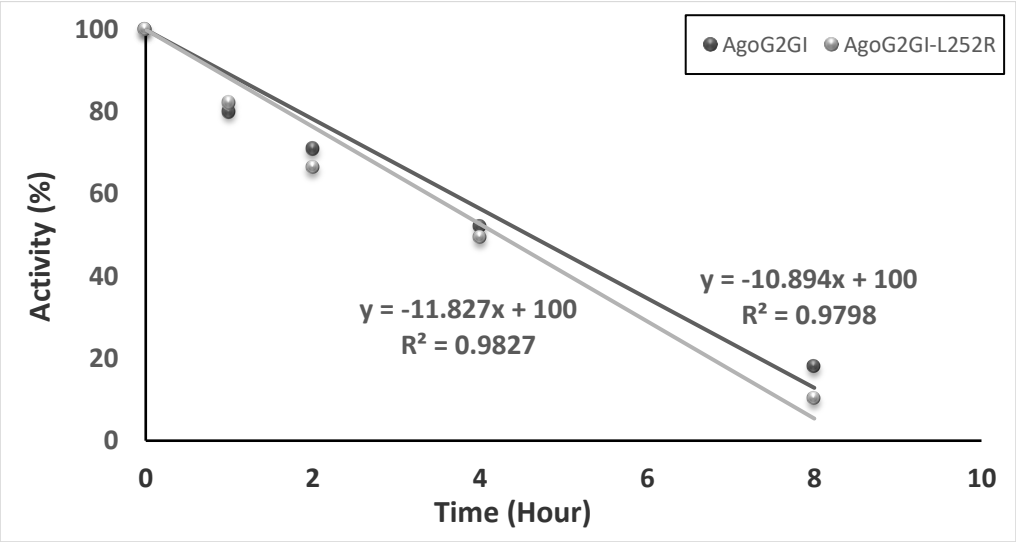


Figure 4. The effect of L252R mutation on thermal stability of *Ago*G2GI and *Ago*G2GI-L252R at 85 °C

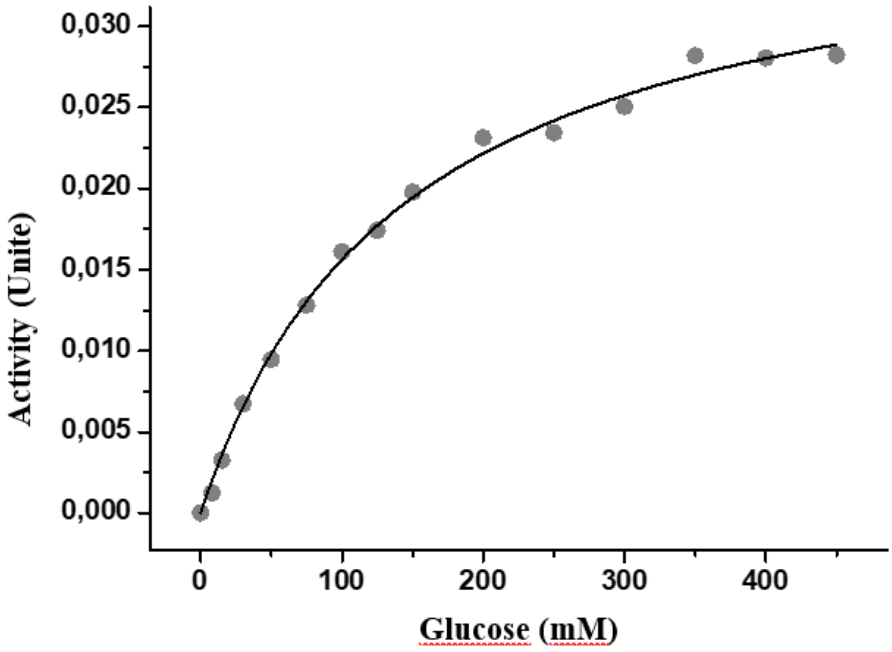


Figure 5. Michaelis-Menten Plot of the *Ago*G2GI-L252R

Comparison with the wild-type *Ago*G2GI revealed that the L252R mutation did not significantly alter the biochemical or kinetic parameters of the enzyme. In conclusion, the L252R mutation did not achieve the intended increase in the thermal stability of *Ago*G2GI. On the other hand, the enzyme's half-life decreased by 7.8% after L252R mutation.

4. CONCLUSION

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

Applications conducted at 85°C revealed a 7.8 % decrease in the enzyme's half-life, indicating that Leucine at position 252 plays a role in the thermal stability of the enzyme. To further investigate potential enhancements in thermal stability, mutations such as L252K and L252H (positively charged amino acids), L252D and the L252E (negatively charged amino acids), or L252I and L252V (hydrophobic amino acids with branched side chains similar to leucine) could be introduced at this position.

REFERENCE

[1] Neifar, S., Hlima, H. B., Mhiri, S., Mezghani, M., Bouacem, K., Ibrahim, A. H. Jaouadi, B., Bouanane-Darenfed, A. ve Bejar, S. A novel thermostable and efficient Class II glucose isomerase from the thermophilic *Caldicoprobacter algeriensis*: Biochemical characterization, molecular investigation, and application in High Fructose Syrup production, International Journal of Biological Macromolecules, May, 129, 31-40, 2019. doi: 10.1016/j.ijbiomac.2019.01.150.

[2] Yanmış, D., Karaoğlu, H., Çolak, D. N., Şal, F. A., Çanakçı, S., Beldüz, A. O. Characterization of a novel xylose isomerase from *Anoxybacillus gonensis* G2^{T}, Turkish Journal of Biology, September, 38, 5, 586-592, 2014. doi: 10.3906/biy-1403-76.

[3] Bhosale, S. H., Rao, M. B., Deshpande, V. V. Molecular and industrial aspects of glucose isomerase. Microbiology Reviews, June, 60(2):280-300, 1996. doi: 10.1128/mr.60.2.280-300.1996.

[4] Nam, K.H. Glucose Isomerase: Functions, Structures, and Applications. Applied Sciences, January, 12(1): 428, 2022. doi: 10.3390/app12010428.

[5] Dai, C., Miao, T., Hai, J., Xiao, Y., Li, Y., Zhao, J., Qiu, H., Xu, B. A. Novel Glucose Isomerase from *Caldicellulosiruptor bescii* with Great Potentials in the Production of High-Fructose Corn Syrup. Biomed Research International, April, 13, 1871934, 2020. doi: 10.1155/2020/1871934.

[6] Dana, H., Sonia, A. Substituting Sugar in Pastry and Bakery Products with Functional Ingredients. Applied Sciences, September,14, 8563, 2024. doi: 10.3390/app14188563.

[7] Hobbs, L. Sweeteners from Starch: Production, Properties, and Uses. In Food Science and Technology, Starch (Third Edition), Academic Press, 797-832, 2009. doi: 10.1016/B978-0-12-746275-2.00021-5.

[8] Geng, X., Li Y., Wang, R., Jiang, S., Liang, Y., Li, T., Li, C., Tao, J., Li, Z. Enhanced High-Fructose Corn Syrup Production: Immobilizing Serratia marcescens Glucose

Isomerase on MOF (Co)-525 Reduces Co^{2+} Dependency in Glucose Isomerization to Fructose. Foods, February, 13(4):527, 2024. doi: 10.3390/foods13040527.

[9] Manohar, R.S., Rao, P.H. Effects of sugars on the rheological characteristics of biscuit dough and quality of biscuits. Journal of the Science of Food and Agriculture, March, 75, 383-390.1997. doi: 10.1002/(SICI)1097-0010(199711)75:3<383::AID-JSFA891>3.0.CO;2-H.

[10] Zargaraan, A., Kamaliroosta, L., Yaghoubi, A.S., Mirmoghtadaie, L. Effect of Substitution of Sugar by High Fructose Corn Syrup on the Physicochemical Properties of Bakery and Dairy Products: A Review. Nutrition and Food Sciences Research, October, 3, 3-11, 2016. doi: 10.18869/acadpub.nfsr.3.4.3.

[11] Sahin, A.W., Zannini, E., Coffey, A., Arendt, E.K. Sugar reduction in bakery products: Current strategies and sourdough technology as a potential novel approach. Food Research International, December, 126, 108583, 2019. doi 10.1016/j.foodres.2019.108583.

[12] Khattab, S.M.R., Kodaki, T. A Novel Production Method for High-Fructose Glucose Syrup from Sucrose-Containing Biomass by a Newly Isolated Strain of Osmotolerant *Meyerozyma guilliermondii*. Journal of Microbiology, Biotechnology and Food Sciences, December, 26(4), 675-683. 2016. doi: 10.4014/jmb.1510.10091

[13] Singh R, Kumar M, Mittal A, Mehta PK. Microbial enzymes: industrial progress in 21st century. 3 Biotech, December, 6(2), 1742016 . 2016. doi: 10.1007/s13205-016-04858.

[14] Quax, W. J., N. T. Mrabet, R. G. Luiten, P. W. Schuurhuizen, P. Stanssens, and I. Lasters. Enhancing the thermostability of glucose isomerase by protein engineering. Biotechnology, August, 9(8), 738-742.1991. doi: 10.1038/nbt0891-738.

[15] Sancho, J. Protein Engineering: The Present and the Future. Biophysica, March, 2, 111-112, 2022. doi:10.3390/biophysica2020011.

[16] Karaoglu, H., Yanmis, D., Sal, F. A., Celik, A., Canakci, S., Belduz, A. O. Biochemical characterization of a novel glucose isomerase from *Anoxybacillus gonensis* G2T that displays a high level of activity and thermal stability. Journal of Molecular Catalysis B: Enzymatic, December, 97, 215- 224, 2013. doi: 10.1016/j.molcatb.2013.08.019.

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

[17] Akpinar Z, Karaoglu H. Characterization of a highly thermostable recombinant xylanase from *Anoxybacillus ayderensis*. Protein Expression and Purification, July, 219, 106478, 2024. doi: 10.1016/j.pep.2024.106478.

[18] Bradford, M. M. A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding, May, 72(1-2), 248 – 2547, 1976. doi: 10.1016/0003-2697(76)90527-3.

[19] https ://www.originlab.com/index.aspx?go=SUPPORT&pid=3325. OriginPro, Origin Pro Version v.9.8.2.200, OriginLab Corporation, 2023. (Accessed 11 November 2023).

[20] Hartley, B. S., Hanlon, N., Jackson, R. J., Rangarajan, M. Glucose isomerase: Insights into protein engineering for increased thermostability. Biochimica et Biophysica Acta (BBA), December, 29;1543(2):294-335, 2000. doi: 10.1016/s0167-4838(00)00246-6.

[21] Dokuzparmak, C., Colak, A., Kolcuoglu, Y. Akatin M. Y., Ertunga, N. Y., Tuncay, F. O. Development of Some Properties of a Thermophilic Recombinant Glucose Isomerase by Mutation. Applied Biochemistry and Microbiology, March, 56, 164-172, 2020. doi:10.1134/S0003683820020052.

.

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

Bacillus subtilis'in *dacA, pbuE* ve *nasA* NAKAVT MUTANTLARI VANKOMİSİN ANTİBOTİĞİNE KARŞI DİRENÇLİDİR

Yüksek Lisans Öğrencisi
Tuğçe KELHASANOĞLU
Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyoloji Bölümü, Muğla, Türkiye
tugcekelhasanoglu@posta.mu.edu.tr
ORCID: 0009-0009-3044-1273

Dr. Öğr. 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

Yüksek Lisans Öğrencisi
Çisem YILMAZ
Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyoloji Bölümü, Muğla, Türkiye
cisemyilmaz@posta.mu.edu.tr
ORCID: 0009-0004-1380-8161

Dr. Anara Babayeva
Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyoloji Bölümü, Muğla, Türkiye
anara.babazade@gmail.com
ORCID: 0000-0001-6797-3366

Doç.Dr. Bekir ÇÖL.
Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi, Fen Fakültesi, Biyoloji Bölümü, Muğla, Türkiye

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

bekircol@gmail.com

ORCID: 0000-0001-8997-4116

ÖZET

Son yıllarda, antibiyotiklerin bilinçsiz kullanılması dahil, bazı nedenlerden dolayı, bakteriler antibiyotiklere karşı direnç geliştirmektedir. Bu yüzden antibiyotik direnci ile ilgili moleküler çalışmaların önemi daha da artmıştır. Bu antibiyotiklerden bir tanesi vankomisin antibiyotiğidir ve hücre duvarı sentezini inhibe ederek, antibakteriyel etki göstermektedir. Vankomisin, glikopeptit yapıda bir antibiyotik olup, tıbbi olarak bazı gram pozitif patojenlerle mücadelede ve enfeksiyonların tedavisinde son derece önemlidir. Vankomisin, hücre duvarındaki peptit zincirlerinin ucundaki D-alanil-D-alanin kalıntısına bağlanarak, N-asetilmuramik asit (NAM) ile N-asetilglukozamin (NAG)'in çapraz bağ oluşturmasını önlemekte ve böylece hücre duvarını zayıflatarak, bakterilerin ölmesine neden olmaktadır. Ancak son yıllarda, bazı patojen bakterilerin, vankomisine karşı direnç geliştirdiği görülmektedir. Dolayısıyla vankomisin direnci ile ilgili genlerin ve moleküler mekanizmaların araştırılması gerekli ve değerlidir. Bu çalışmada, gram pozitif model bakteri olan *Bacillus subtilis*'in, vankomisine karşı direnç mekanizmasında, doğrudan veya dolaylı görev alabilecek, gen adayları araştırılmıştır. Bunun için, BKE genom boyu mutant hattından, 96 mutant seçilmiş ve artan konsantrasyonlarda vankomisin ortamında büyüme durumları analiz edilmiştir. 0, 0.2, 0.3, 0.45 ve 0.6 µg/ml olmak üzere, 5 farklı konsantrasyonda vankomisin antibiyotiği ile BKE kütüphanesinin bir plakası taranmış ve 96 mutant suş arasından, 4 mutant suşun en yüksek vankomisin konsantrasyonunda bile (0.6 µg/ml) ürediği, yani vankomisin antibiyotiğine yüksek seviyede dirençli olduğu görülmüştür. Tarama sonrasında yapılan gradyan petri spot analizi ile 4 mutanttan, 3 tanesinin 0.6 µg/ml vankomisin içeren besi yeri ortamında ürediği onaylanmıştır. Vankomisine direnç gösteren bu 3 mutant suş (*ΔdacA*, *ΔpbuE*, *ΔnasA*) ile ilgili literatür taraması yapılmış ve ilgili genlerin kodladıkları proteinler ile bilgiler analiz edilmiştir. DacA, D-alanin-D-alanil-karboksipeptitaz aktivitesine sahip penisilin bağlayıcı bir protein olup, vankomisin direnci ile ilişkisi literatürde mevcuttur. PbuE, nükleotid metabolizmasında yer alan bir hipoksantin taşıyıcısdır ve NasA ise nitrat alımında rol oynayan taşıyıcı bir proteindir. Bu çalışma ile PbuE ve NasA proteinleri ile vankomisin direnci arasındaki potansiyel bağlantı ilk kez önerilmiştir.

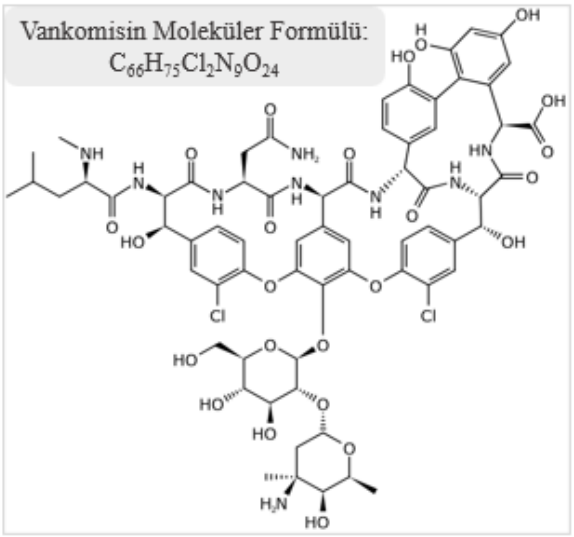
ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

DacA, PbuE ve NasA ile vankomisin direnci arasındaki ilişki mevcut literatür eşliğinde tartışılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Vankomisin direnci, *Bacillus subtilis*, DacA, PbuE, NasA, BKE mutant hattı.

1. GİRİŞ

Antimikrobiyal ilaçların hücre duvarı sentezi inhibitörü sınıfında yer alan vankomisin, *Streptomyces orientalis*'ten izole edilen 1456 dalton moleküler ağırlığa sahip bir glikopeptit antibiyotiktir (Görsel 1). Vankomisin, peptit zincilerinin ucundaki D-alanil ve D-alanin kalıntısına bağlanarak N- asetilmuramik asit (NAM) ile N-asetilglukozamin (NAG)'in çapraz bağ oluşturmasını önler ve böylece bakteriyal hücre duvarı zayıflar, hücre içi bileşenlerin sızmasıyla bakteriyal hücre ölümü gerçekleşir. Vankomisin dirençli bakterilerde ise D-alanil ve D-alanin kalıntısı yerine D-laktat bulunur ve vankomisin bağlanamaz, böylece hücre duvarındaki çapraz bağların başarılı sentezi ile direnç kazanılır. Vankomisin hedefi olan gram pozitif bakteriler arasında *Staphylococcus aureus*, *Enterococcus faecium* ve *Clostridium difficile* gibi klinik açıdan önemli patojenler bulunur. Ayrıca penisilin gibi beta-laktam antibiyotiklerine dirençli, metisilin dirençli *S. aureus* (MRSA) enfeksiyonlarında kullanımı tercih edilen 'son çare' antibiyotikler arasında yer almaktadır. Fakat zamanla vankomisine direnç kazanan *S. aureus* (VRSA ve VISA) ve diğer gram pozitif bakterilerin direnç mekanizmaları çalışılmış olsa da bu mekanizma *Bacillus subtilis*'te hala belirsizdir (1) (2).



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

Görsel 1. Vankomisin antibiyotiğinin moleküler yapısı ve kimyasal formülü

Ferdinand Cohn tarafından tanımlanan *Bacillus subtilis* bakterisi hayvanların sindirim sistemi, toprak ve bitki gibi farklı ortamlarda bulunan, çubuk şekline sahip bir bakteridir. *Bacillus subtilis*'in farklı sıcaklık, sınırlı besin kaynağı olan ortam, toksik bileşikler gibi çeşitli çevresel stres faktörlerine karşı dayanıklılığı onun hayatta kalma stratejisi ile ilgili bilgileri açığa çıkartmaktadır. Tüm bunların yanı sıra *B. subtilis*'in probiyotik türü olması ile bağışıklık sistemini olumlu yönde etkilediği bilinmekte ayrıca; enzimatik yeteneğe sahip olmasıyla tarımsal ve gıda atıklarını, petrol atıklarını parçalayıp biyoremediasyon sürecine katkı sağlamaktadır (3).

Bacillus subtilis'in vankomisin direnç mekanizmasının belirsiz olması ve bu direnci nasıl kazandığını anlamak için BKE (Bacillus Knockout Eritromicin) mutant kütüphanesinden yararlanmak çalışmamızın önemini yansıtmaktadır. Bacillus Knockout Eritromicin (BKE) mutant koleksiyonunda, homolog rekombinasyon yöntemi kullanılarak, esansiyal olmayan genlerden birine eritromisin direnç kaseti yerleştirilmiş ve gen delesyona uğratılmıştır. Delesyona uğratılan, yaklaşık 4000 farklı mutant suş 45 farklı plate'de yer almaktadır. Her bir plate'de yer alan mutant suşların lokasyonları ve isimleri listeler halinde elimizde bulunmaktadır (4).

2. DENEYSEL ÇALIŞMALAR (veya UYGULAMALAR)

2.1. Model Bakteri Olan *Bacillus subtilis* ve Mutant Suşlar

Gerçekleştirilen çalışmada genetik olarak değiştirilmemiş ve mutasyona uğratılmamış olan *Bacillus subtilis 168* suşu yabanıl tip suş olarak kullanılmış ve bununla birlikte Bacillus Knockout Eritromicin (BKE) nakavt koleksiyonundan 96 adet *Bacillus subtilis* mutant suşlar kullanılmıştır. Esansiyal olmayan gen açısından mutant olan ve her bir mutant suşun adı ile birlikte lokasyonunu içeren plaka Görsel 2.'de verilmiştir. BKE koleksiyonunda homolog rekombinasyon temelli nakavt yöntemi ile genler delesyona uğratılmış ve genlerin yerine eritromisin direnç kaseti eklenmiştir. BKE koleksiyonunda yer alan mutant suşların

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

eritromisine karşı dirençli olmasından dolayı suşlar eritromisin içeren besi ortamında büyüyebilirler (4).

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
A	BKE00100	BKE38640	BKE01660	BKE01960	BKE02640	BKE02760	BKE02980	BKE03380	BKE03810	BKE04480	BKE05420	BKE06400
	dacA	yxlH	ybbD	skfF	tatCD	natB	opuAA	yckB	yclO	ydbI	ydfI	yebE
B	BKE00490	BKE01460	BKE01670	BKE02010	BKE02670	BKE02780	BKE02990	BKE03520	BKE03820	BKE04490	BKE05430	BKE06570
	spoVG	ybaE	ybbE	ybdK	lmrB	ycdA	opuAB	srfAD	yclP	ydbJ	ydfJ	yerB
C	BKE38540	BKE01530	BKE01700	BKE02250	BKE02690	BKE02810	BKE03000	BKE03530	BKE03830	BKE04540	BKE05470	BKE06630
	dltE	cwlD	murQ	ybfJ	ansZ	cwlK	opuAC	ycxA	yclQ	ydbO	ydfM	yerH
D	BKE00560	BKE01550	BKE01740	BKE02480	BKE02700	BKE02850	BKE03020	BKE03590	BKE03920		BKE05680	BKE06660
	spoVT	gerD	rsiW	gudP	estA	adcA	ycgA	tcyC	glcU		ydgK	opuE
E	BKE00570	BKE01580	BKE38660	BKE02540	BKE02710	BKE02870	BKE03070	BKE03600	BKE04140	BKE04630	BKE05710	BKE06930
	yabM	ybaR	yxlF	ycbK	yczC	adcB	mdr	tcyB	pbpC	ydcC	ydhD	yesK
F		BKE01590	BKE01880	BKE02570	BKE02720	BKE02920	BKE03110	BKE03730	BKE04270	BKE38740	BKE05800	BKE06950
		ybaS	ybcI	ycbN	yccF	yceF	ycgH	yclH	ydaJ	cydC	pbuE	yesM
G	BKE00720	BKE01630	BKE01890	BKE02600	BKE02730	BKE02950	BKE03330		BKE04320	BKE04960	BKE05950	BKE06970
	yacD	feuA	ybcL	cwlJ	natK	yceI	nasA		ydaO	yddG	ydiF	yesO
H	BKE00880	BKE01650	BKE01950	BKE02630	BKE02750	BKE02960	BKE03350	BKE03800	BKE04450	BKE05190	BKE06230	BKE38770
	disA	ybbC	skfE	tatAD	natA	yceJ	yciB	yclN	dctS	ydeG	ioIT	cimH

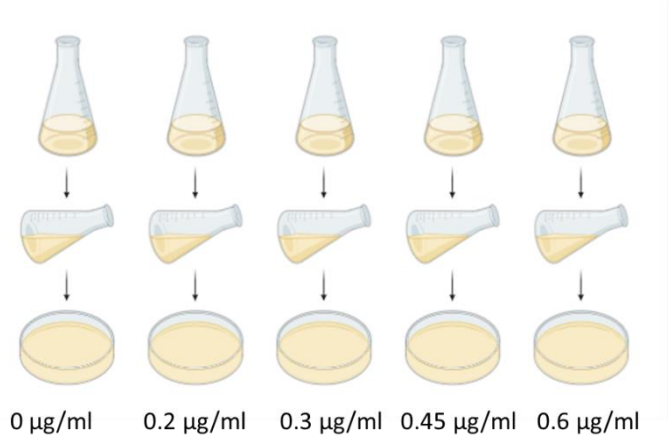
Görsel 2. Bacillus Knockout Eritromicin koleksiyonuna ait bir plate'e örnek

Görsel 2.'de belirtildiği üzere her bir kuyuda koleksiyonda yer alan mutant suşun ismi ve delesyona uğratılan genin adı yazmaktadır. Örneğin A1 lokasyonunda bulunan suşun *dacA* geni delesyona uğratılmış ve BKE00100 suşu olarak isimlendirilen bir suştur. Ayrıca bu suşa kısaca Δ*dacA* mutant suşu denilmektedir (4).

2.2. **Besi yerlerinin Hazırlanması:**

Bacillus subtilis mutant suşlarının büyümelerini değerlendirmek amacıyla ön çalışma gerçekleştirilmiş ve 6 farklı vankomisin konsantrasyonunda tarama yapılmıştır. Tarama sonrasında konsantrasyon optimizasyonu gerçekleştirilmiş ve mutant suşlarının büyümelerini değerlendirmek amacıyla vankomisin antibiyotiğini içermeyen (0 µg/ml- kontrol); 0.2 µg/ml, 0.3 µg/ml, 0.45 µg/ml ve 0.6 µg/ml vankomisin içeren olmak üzere 5 farklı konsantrasyona sahip LB (Luria Bertani)-Lennox-Agar besi yeri hazırlanmıştır. Besi yeri uygun sıcaklığa geldiğinde antibiyotik eklenip 40 ml'lik plastik petrilere aktarılmıştır. Buradaki amaç, vankomisine karşı dirençli ve duyarlı suşların belirlenmesidir. Bunun için uygun vankomisin konsantrasyonları belirlendi ve besi yerleri hazırlandı (Görsel 3).

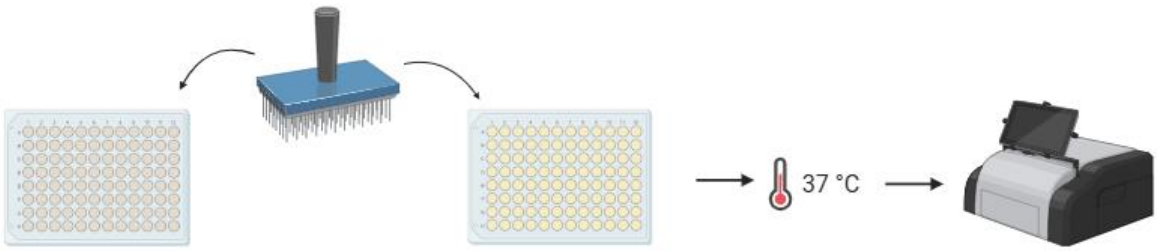
ISBN NR. : 978-625-5962-10-2



Görsel 3. Farklı vankomisin konsantrasyonlarına sahip besi yerlerinin hazırlanması

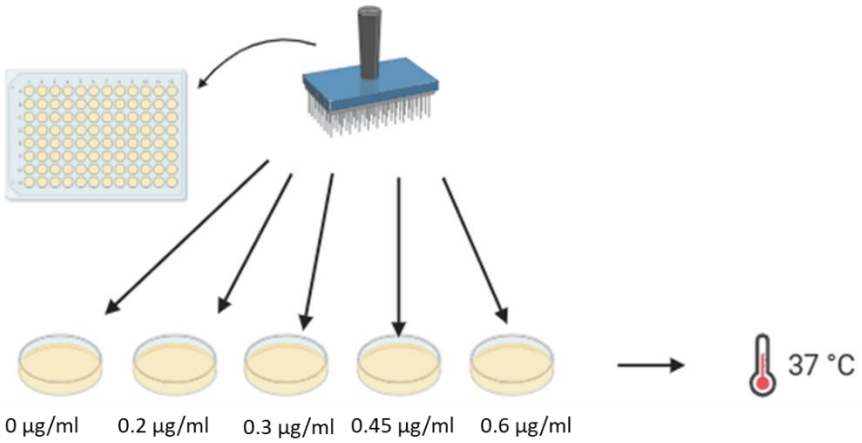
2.3.**Mutant Suşların Canlandırılması ve Katı Besi Ortamına Ekimi**

Suşların canlandırılması için hazırlanan LB (Luria Bertani)-Lennox-Erm (Eritromicin) sıvı besiyeri, her bir kuyuya 200 µl olacak görsel de dağıtıldı. -80°C'de, 96 kuyulu mikroplakada bulunan stok suşlar, canlandırılmak amacıyla replikatör kullanılarak LB-Lennox-Erm sıvı besi yeri içeren mikroplakaya ekildi. 37°C etüvde gece boyu inkübasyona bırakıldı ve diğer gün mikroplaka okuyucu ile 600_{nm}'de OD değerleri ölçüldü (Görsel 4) (Görsel 7). Bu sayede mutant suşların ürediği kontrol edilmiş ve hücrelerin yoğunluğu tespit edilmiştir. Ölçümü yapılan mutant suşların antibiyotiksiz ve 0.2 µg/ml, 0.3 µg/ml, 0.45 µg/ml ve 0.6 µg/ml konsantrasyonlarında vankomisin içeren besi yerlerine replikatör kullanılarak ekim yapılmıştır. Ekim yapılan petriler 37°C etüvde inkübasyona bırakılmış ve mutant suşların büyüme durumları iki gün gözlenmiştir (Görsel 5).



Görsel 4. Stok mutant suşların sıvı besiyerinde canlandırılması ve hücre yoğunluklarının ölçümü

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

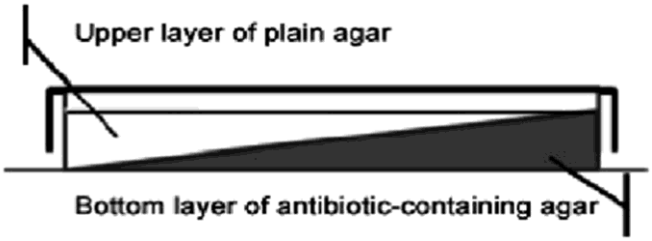


Görsel 5. Gece boyu büyütülen mutant suşların replikatör ile katı besi yerlerine ekimi

2.4.**Gradient Petri Nokta Testi ile Onaylama Çalışması**

Mutant suşların 5 farklı antibiyotik konsantrasyonlarında büyüme durumları değerlendirildikten sonra kontrol suş olan *B. subtilis 168*'e kıyasla daha yüksek seviyede direnç gösteren mutant suşlar belirlenmiştir. Belirlenen vankomisin dirençli suşları onaylamak amacıyla; dirençli seçilen suşların ve kontrol olarak seçilen diğer suşların gradient petri spot analizi yapılmıştır. 35 ml antibiyotiksiz ve 35 ml 0.6 µg/ml konsantrasyonuna sahip antibiyotikli besi yeri hazırlandı, kare petriye %3 eğim verilerek önce antibiyotiksiz besiyeri dökülmüş ve donduktan hemen sonra petri düz zemin üzerine alınıp antibiyotikli besiyeri dökülmüştür. Petriye eğim verilerek besi yerinin dökülmesi sonucu antibiyotik konsantrasyonunun, petrinin bir ucunda 0 µg'ml olmasını, diğer uçta ise 0.6 µg'ml olması sağlanmıştır (Görsel 6). Böylece seçilen suşlar tek bir petride bir uçtan diğer uca artan antibiyotik konsantrasyonunda analiz edildi ve suşların dirençlilik seviyeleri de karşılaştırıldı. Seçilen suşların 5 ml LB-Lennox-Erm'li sıvı besi yerine ekimi yapılarak gece boyu 37°C'de çalkalamalı inkübatörde büyümeye bırakıldı. Diğer gün O/N büyütülen suşlar OD: 0.1 olacak görsel de 3 ml LB-Lennox-Erm'li sıvı besiyerine ekildi ve OD: 0.5 olana kadar büyütüldü, ardından 1x PBS ile 1/2 dilüsyona uğratıldı. Çok kanallı pipet kullanılarak gradient petriye dilüe edilen mutant suşların 2'şer µl ekimi yapıldı ve 37°C etüve gece boyu inkübasyona bırakıldı.

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



Görsel 6. Kare petride antibiyotik gradienti oluşturulmasına örnek

3. SONUÇLAR VE DEĞERLENDİRME

Gerçekleştirilen çalışmada *Bacillus subtilis* bakterisine ait 96 mutant suş ile birlikte yabanıl tip suş *Bacillus subtilis 168* kullanılmıştır. 96 mutant suşun her birinde farklı gen delesyonu bulunmaktadır. Vankomisinli besi ortamında 96 mutant suşun duyarlı veya dirençli fenotipleri gözlenmiştir. Deneysel süreçte seçilen plate'de yer alan 96 farklı mutant suş gece boyunca yetiştirilmiş ve inkübasyon sonrası OD 600_{nm}'de mikroplaka okuyucu ile hücre yoğunlukları ölçülmüştür. OD 600_{nm}'de hücre yoğunlukları ölçüm sonucu Görsel 7.'de yer almaktadır.

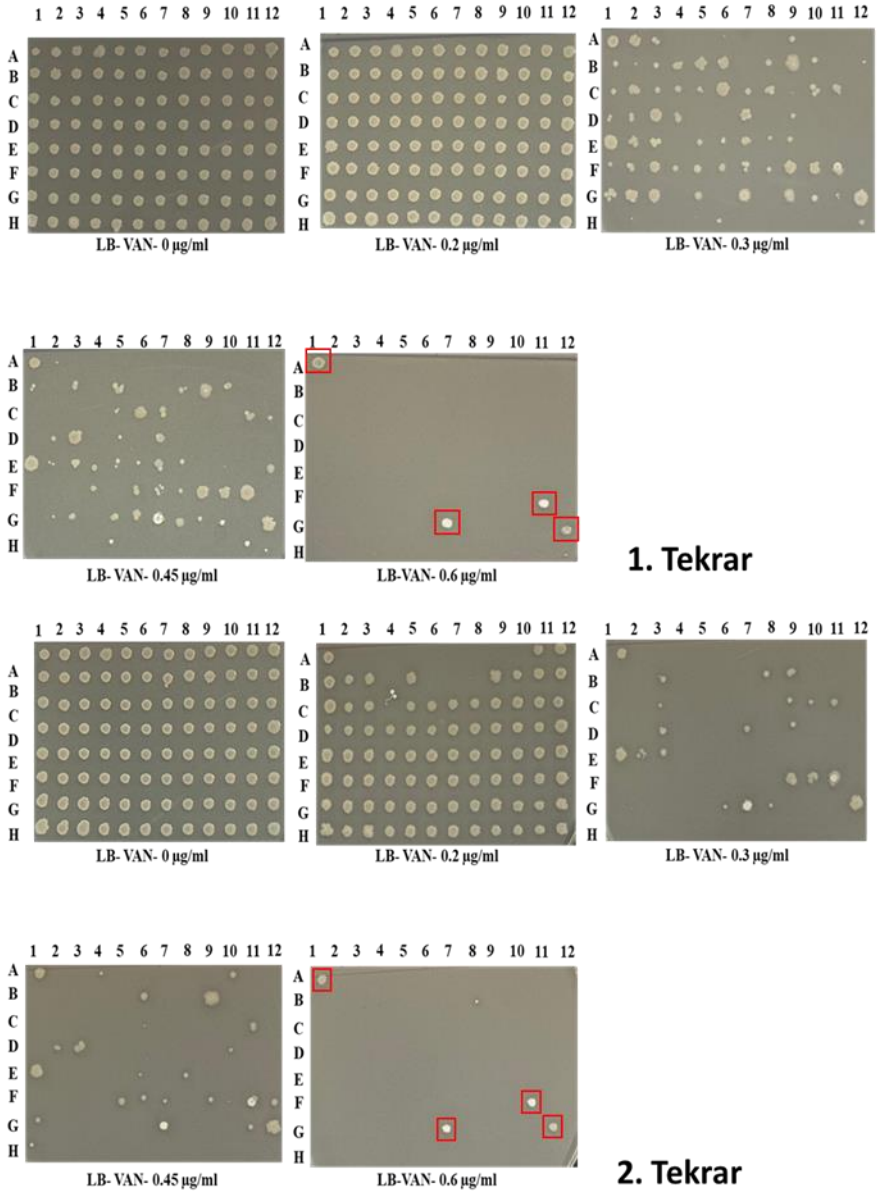
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
A	0,21	0,246	0,206	0,243	0,187	0,197	0,197	0,218	0,249	0,212	0,216	0,213
B	0,195	0,396	0,452	0,519	0,536	0,739	0,449	0,479	0,65	0,566	0,542	0,215
C	0,259	0,399	0,47	0,735	0,499	0,813	0,498	0,529	0,509	0,467	0,67	0,243
D	0,244	0,434	0,831	0,388	0,477	0,487	0,656	0,468	0,426	0,406	0,418	0,304
E	0,298	0,439	0,325	0,48	0,514	0,641	0,618	0,47	0,421	0,511	0,464	0,263
F	0,235	0,51	0,46	0,516	0,405	0,489	0,438	0,38	0,575	0,376	0,443	0,217
G	0,219	0,438	0,5	0,38	0,715	0,671	0,493	0,627	0,541	0,437	0,418	0,271
H	0,175	0,258	0,224	0,199	0,203	0,214	0,217	0,228	0,232	0,228	0,196	0,205

Görsel 7. Gece boyu büyütülen bakterilerin yoğunlukları ve $OD600_{nm}$ değerleri

3.1. TARAMA SONUCU

Deneysel süreçte BKE kütüphanesinin seçilen bir plakası 0 µg/ml, 0.2 µg/ml, 0.3 µg/ml, 0.45 µg/ml ve 0.6 µg/ml konsantrasyonlarında vankomisin içeren besi yerlerine ekimi yapılarak 96 mutant suşun büyüme durumları incelenmiştir. Artan vankomisin konsantrasyonunda taranan 96 mutant suş arasından A1, F11, G7 ve G12 lokasyonlarına sahip olan 4 suşun, her iki tekrarda da en yüksek vankomisin konsantrasyonunda (0.6 µg/ml) ürediği görülmüştür (Görsel 8).

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



Görsel 8. Mutant suşların farklı vankomisin konsantrasyonu içeren LB-lennox katı besi yerlerinde büyüme durumları

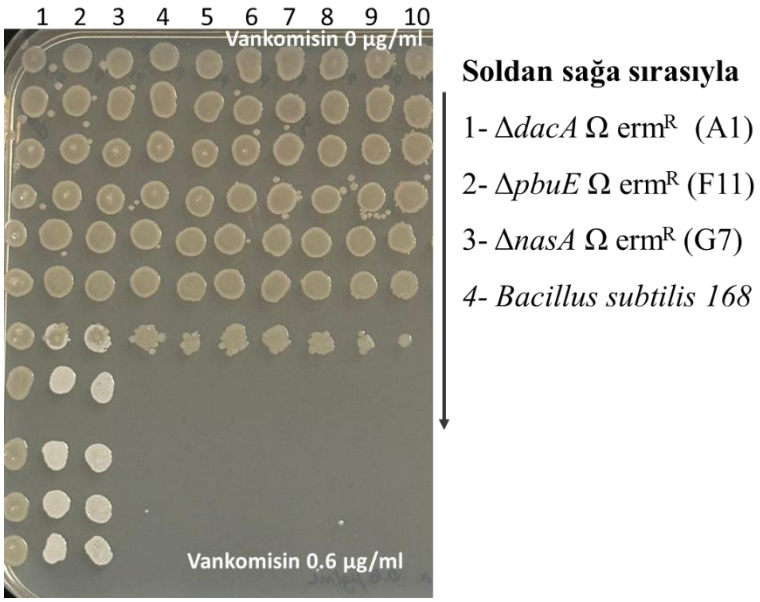
Gece boyu büyütülen mutant suşların büyümeleri gözle görülmektedir ve petrilerdeki büyüme durumları fotoğrafları çekilerek ile görsel haline getirilmiştir. Yuvarlak petrilerin resimleri düzenlenerek dikdörtgen haline getirilmiş ve mikroplate lokasyonlarında yer aldığı gibi düzenlenmiştir. Her bir resimde artan vankomisin konsantrasyonunda mutantların büyüme durumları gözlenmektedir. Örneğin 0.6 µg/ml vankomisin bulunan besi ortamına bakıldığında çok sayıda mutant suş ölmüşken 4 tane mutant suşun her iki tekrarda da büyüdüğü gözlenmiştir. Büyüyen suşların lokasyon listesinden adlarına bakılmış ve hangi mutant oldukları

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

belirlenmiştir. A1 lokasyonunda Δ*dacA* mutantı, F11 lokasyonunda Δ*pbuE* mutantı, G7 lokasyonunda Δ*nasA* mutantı ve G12 lokasyonunda Δ*yesO* mutantının yer aldığı tespit edilmiştir.

3.2. **Gradient Petri Spot Testi Sonucu**

Tarama sonucunda göreceli olarak dirençli kabul edilen 4 mutant suşun onaylama çalışması için ayrıca gradient petride spot testi yapılmıştır. Yapılan gradyan petri spot analizi ile 4 mutanttan, 3 tanesinin 0.6 µg/ml vankomisin içeren besi yeri ortamında ürediği onaylanmıştır. Δ*dacA,* Δ*pbuE,* Δ*nasA* mutant suşlarının, kontrol suş olan *Bacillus subtilis 168'*e kıyasla 0.6 µg/ml vankomisine yüksek seviyede dirençli olduğu görülmüştür (Görsel 9).



Görsel 9. *Bacillus subtilis 168* yabanıl tip suşu ve mutant suşların vankomisin ortamında üremesinin gradient petri spot testi ile onaylama çalışması

Materyal ve metot bölümünde anlatıldığı gibi, OD 0,5 yoğunluğa getirilen hücrelerin, 1/2-dilüsyona uğratılması ve bir uçtan diğer uca artan vankomisin içeren katı besi ortamına 2'şer µl ekimi yapılmıştır. Gece boyu inkübe edildikten sonra petri fotoğrafı çekilmiş ve düzenlenmiştir. Mutant suşların adları ekim sırasına göre fotoğrafın yanına eklenmiştir. Fotoğrafın yanında bulunan ok işareti, vankomisin konsantrasyonunun yukarıdan aşağıya doğru arttığını ifade etmektedir. Gradient petri spot analizi sonucu suşların büyüme durumlarına göre yıldız tablosu

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

oluşturulmuştur. Çizelge 1'deki 5 yıldız iyi üremeyi gösterirken, eksi işareti ise üreme olmadığını göstermektedir.

Çizelge 1. Gradient petri spot analizi sonucu suşların büyüme durumlarını gösteren yıldız tablosu

Suş Adı	0 µg/ml	0.2 µg/ml	0.3 µg/ml	0.45 µg/ml	0.6 µg/ml
Bacillus subtilis 168	*****	*****	*****	- - - - -	- - - - -
Δ*dacA*::*erm*	*****	*****	*****	*****	*****
Δ*pbuE*::*erm*	*****	*****	*****	*****	*****
Δ*nasA*::*erm*	*****	*****	*****	*****	*****
Δ*yesO*::*erm*	*****	*****	*****	- - - - -	- - - - -

4. GENEL DEĞERLENDİRME VE SONUÇLAR

Vankomisin antibiyotiğine dirençli fenotip profilleri onaylanan 3 mutant suş (Δ*dacA*, Δ*pbuE*, Δ*nasA*) ile ilgili literatür taraması yapılmış ve ilgili genlerin kodladıkları proteinler ile bilgiler analiz edilmiştir.

DacA, 1332 bp gen büyüklüğüne sahip olduğu ve önünde 5'UTR bölgesinin bulunduğu görülmektedir. UTR (Untranslated Region), kodlanmayan bölge anlamına gelmektedir ve başlangıç kodonu olarak bilinen AUG'den hemen önce yer almaktadır. D-alanin-D-alanil-karboksipeptitaz aktivitesine sahip olan *dacA* penisilin bağlayıcı bir proteindir. Karboksipeptidaz enzimi, peptidoglikan zincirin ucunda bulunan D-alanin-D-alanil bağlarını hedefleyerek zincirindeki D-alanin kalıntılarını uzaklaştırır. Böylece peptidoglikan bağının çapraz bağlanması gerçekleşir. *DacA*'nın sahip olduğu karboksipeptidaz aktivitesi sayesinde bakteri hücre duvarı daha dayanıklı ve sert yapıda oluşur. *DacA* geninin, vankomisin direnci ile ilişkisi literatürde mevcuttur (Subtiwiki). Bu da bizim çalışmamızın doğruluğunu göstermektedir. Ayrıca iki ek genin bulunması değerlidir. Yapılan bir çalışmada, *B. subtilis* bakterisinde *dacA* geninin silinmesi (Δ*dacA*) oldukça yüksek vankomisin konsantrasyonuna karşı bakteriye direnç kazandırdığı raporlanmıştır. Bu çalışmada ek olarak bir ß-laktam olan ampicillin antibiyotiği kullanılmış ve Δ*dacA* suşunun ampicilline karşı duyarlı bir fenotip sergilediği tespit edilmiştir (5).

PbuE, 1167 bp gen büyüklüğüne sahiptir ve önünde miscRNA yer almaktadır. *PbuE* geninin pürin baz efflux pompası kodladığı bilinmektedir. ATP gibi enerji kaynaklarını kullanarak aktif taşıma gerçekleştiren bu pompa hücre içerisinde aşırı seviyede bulunan pürin bazlarını hücre dışına pompalamakla görevlidir. *PbuE* geninin ifadesi, adenin tanıyan bir riboswitch tarafından

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

kontrol edilmektedir. Riboswitchler belirli moleküllere bağlanarak hücrenin ihtiyacına göre gen regülasyonunu düzenleyen elementlerdir. Yapılan bir çalışmada *PbuE* pompasının işlevsel olmadığı durumlarda (Δ*pbuE*), *pbuE*'-lacZ füzyonu ifadesinin adenin tarafından yüksek oranda indüklendiği tespit edilmiştir. Bu da mutant *pbuE*'nin görevini yerine getirememesinden kaynaklı olarak hücre içerisinde oldukça fazla adenin birikmesine neden olduğu ve adeninin *pbuE*' promotoruna bağlanarak aktivitesini normalden daha fazla arttırdığı anlamına gelmektedir. *PbuE* geni ile vankomisin direnci arasında bağlantıyı gösteren bir çalışma literatürde bulunmamıştır ve ilk kez bu çalışma ile gösterilmiştir (6) (7).

NasA, 1206 bp gen büyüklüğüne sahip, nitrat alımında rol oynayan taşıyıcı bir proteindir (Subtiwiki). *B.subtilis*'te *nasA* geni ve *nasB* operonu, nitrat asimilasyonunda yer alan proteinleri kodlar. Nitrat asimilasyonu, bakterinin nitrat redüktaz enzimi ile nitratı, nitrite indirgemesidir ve bu indirgenme aşamaları sonucunda biyolojik olarak kullanılabilecek duruma geçmiş olur. Literatürde karşılaşılan bir çalışmada *nasA* geninin yüksek azot kaynağı varlığında düşük düzeyde ifade edildiği raporlanmıştır. *NasA* geni ile vankomisin direnci arasında bağlantıyı gösteren bir çalışma literatürde bulunmamıştır ve ilk kez bu çalışma ile gösterilmiştir (8).

Yaptığımız çalışma sonucu 0.6 µg'ml vankomisin konsantrasyonunda göreceli olarak dirençli olan 3 mutant suş tanımlanmıştır. Bu 3 mutant suş arasında bulunan Δ*dacA*'nın vankomisin direnci ile ilişkisi literatürde mevcuttur. Çalışmamız sonucunda elde ettiğimiz datanın literatürde de yer almasıyla çalışmamızın ilerleyişinin uygunluğunu kanıtlamaktadır. Dirençliliği onaylanan diğer 2 mutant suşun, Δ*pbuE* ve Δ*nasA,* vankomisin direnci ile ilgili bir çalışma literatürde bulunmamıştır ve ilk kez bu çalışmada gösterilmesi, çalışmamızda BKE koleksiyonunun kullanılması çalışmamızın önemini yansıtmaktadır. Mutant Δ*pbuE* ve Δ*nasA* suşlarının vankomisin ile ilişkisini anlayabilmek ve tespit edebilmek için daha fazla deneysel çalışmaya ihtiyaç duyulmaktadır.

Teşekkür: Bu çalışma, Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu (TÜBİTAK) tarafından 124Z070 numaralı proje ile desteklenmiştir. Projeye verdiği destekten ötürü TÜBİTAK'a teşekkürlerimizi sunarız. Ayrıca Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesine teşekkür ederiz.

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

.

KAYNAKÇA

1.Wanger, A., Chavez, V., Huang, R. S., Wahed, A., Actor, J. K., & Dasgupta, A. (2017). Antibiotics, antimicrobial resistance, antibiotic susceptibility testing, and therapeutic drug monitoring for selected drugs. *Microbiology and molecular diagnosis in pathology*, 119-153.

2.Tang, Y. W., Procop, G. W., & Persing, D. H. (1997). Molecular diagnostics of infectious diseases. *Clinical chemistry*, *43*(11), 2021-2038.

3.Wozniak, K. J., & Simmons, L. A. (2022). Genome editing methods for Bacillus subtilis. In *Recombineering: Methods and Protocols* (pp. 159-174). New York, NY: Springer US.
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.Bacillus Genetic Stock Center (BGSC) (https://bgsc.org/new.php?page=8)

5.Park, S. H., Choi, U., Ryu, S. H., Lee, H. B., Lee, J. W., & Lee, C. R. (2022). Divergent effects of peptidoglycan carboxypeptidase DacA on intrinsic β-lactam and vancomycin resistance. *Microbiology Spectrum*, *10*(4), e01734-22.

6.Nygaard, P., & Saxild, H. H. (2005). The purine efflux pump PbuE in Bacillus subtilis modulates expression of the PurR and G-box (XptR) regulons by adjusting the purine base pool size. *Journal of bacteriology*, *187*(2), 791-794.

7.Zakataeva, N. P., Gronskiy, S. V., Sheremet, A. S., Kutukova, E. A., Novikova, A. E., & Livshits, V. A. (2007). A new function for the Bacillus PbuE purine base efflux pump: efflux of purine nucleosides. *Research in microbiology*, *158*(8-9), 659-665.

8.Ogawa, K. I., Akagawa, E., Yamane, K., Sun, Z. W., LaCelle, M., Zuber, P., & Nakano, M. M. (1995). The nasB operon and nasA gene are required for nitrate/nitrite assimilation in Bacillus subtilis. *Journal of bacteriology*, *177*(5), 1409-1413.

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

9.Subtiwiki (https://subtiwiki.uni-goettingen.de/v5/welcome)

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

Komagataella phaffii'DE İNDÜKLENEBİLİR EKSPRESYON SİSTEMLERİ

Yüksek Lisans Öğrencisi, Bahtinur İSPAHİ

Atatürk Üniversitesi, bahtinur.ispahi18@ogr.atauni.edu.tr - 0000-0002-8135-3742

Doç. Dr. Yağmur ÜNVER

Atatürk Üniversitesi, yunver@atauni.edu.tr - 0000-0003-1497-081X

ÖZET

Komagataella phaffii (K. phaffii), rekombinant protein üretiminde yaygın olarak kullanılan bir mayadır. Bu mayanın rekombinant protein üretimi için kullanılmasının başlıca avantajlarından biri rekombinant proteinleri kültür ortamına salgılama yeteneğidir. Ek olarak glikozilasyon ve disülfit bağı oluşumu gibi gelişmiş ökaryotlara özgü post-translasyonel modifikasyonları da yapabilmektedir. *K. phaffii* tek karbon kaynağı olarak metanol, glikoz, gliserol veya etanol içeren ortamlarda hızla büyümektedir.

K. phaffii ile rekombinant protein üretiminde genellikle metanol ile indüklenen AOX1 promotörü (P_{AOX1}) veya yapısal bir promotör olan gliseraldehit-3-fosfat dehidrogenaz promotörü (P_{GAP}) kullanılmaktadır. *K. phaffii*, tek karbon kaynağı olarak metanolde büyüme kabiliyeti nedeniyle, metanol kullanım yolunu (Mut) sıkı bir şekilde düzenleyen bir dizi güçlü ve indüklenebilir promotöre sahiptir. Üç adet *K. phaffi* metanol kullanım fenotipi vardır. Her iki AOX geninin de (AOX1, AOX2) işlevsel olduğu suşlar Mut^+, yalnızca AOX2 geninin işlevsel olduğu suşlar Mut^S, her iki AOX geninin de ifade edilmediği suşlar ise Mut^- olarak sınıflandırılmaktadır. Metanol ile indüklenen P_{AOX1}, glikoz, gliserol ve etanol tarafından baskılanmaktadır. Tam indüksiyon yalnızca metanol eklendikten sonra görülmektedir ve bu durum yüksek verim elde edilmesini sağlar.

K. phaffii'de rekombinant proteinlerin ekspresyonu için kullanılan bir diğer önemli promotör de formaldehit dehidrogenaz 1 (FLD1) geninin promotörüdür. Bu promotör P_{AOX1}'e benzer düzenleyici özelliklere sahiptir. Tek karbon kaynağı olarak metanol veya tek azot kaynağı

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

olarak metilamin ile indüklenir. Metanol ile aynı anda hem P_{AOX1} hem de P_{FLD1}'in indüklenmesi sağlanabilmektedir. Dihidroksiaseton sentaz (DAS), alkol dehidrogenaz (ADH1), enolaz (ENO1) ve gliserol kinaz (GUT1) enzimlerini kodlayan genlerin promotörleri de *K. phaffii* mayasında kullanılan indüklenebilir promotörlerdendir. Kullanım amacına göre belirtilen promotörlerden herhangi biri kullanılarak bu mayada yüksek verimde rekombinant protein üretimi gerçekleştirilebilir. Bu çalışmada *K. phaffi* mayasında indüklenebilir ekspresyon sistemleri tartışılacaktır.

Anahtar Kelimeler: *Komagataella phaffii*, indüklenebilir promotör, protein ekspresyonu

1. GİRİŞ

K. phaffi gibi metilotrofik maya türleri, rekombinant heterolog protein üretimi için hücresel konak olarak giderek daha fazla tercih edilmektedir. Mayalar memeli hücrelerinden farklı olarak genetik modifikasyon açısından daha esnek olup, yüksek hücre yoğunluklarında verimli bir şekilde kültürlenebilmektedir. Ayrıca, *K. phaffi* bir ökaryotik organizma olduğundan proteinlerin doğru katlanması için gerekli olan translasyon sonrası modifikasyonları gerçekleştirme kapasitesine sahip olup, bu özellikleri işlevsel ve çözünür rekombinant proteinlerin üretimini mümkün kılmaktadır. Rekombinant DNA'nın lineer halde hücre içine gönderilmesi ve homolog rekombinasyon teknikleriyle yüksek verimlilikle kararlı hücre hatlarının oluşturulması sağlanmaktadır. Bu durum, hedef proteinin birden fazla kopyasının, farklı alt birimleri içeren multimerik proteinlerin ya da hedef proteinin ekspresyonunu mümkün kılmaktadır. *K. phaffii* sisteminin bir diğer önemli avantajı, güçlü promotörlerin sağladığı kontrol mekanizmaları sayesinde yabancı genlerin ifadesinin düzenlenebilmesidir. Bu özellik, hedef proteinlerin büyük miktarlarda ve çoğu ökaryotik sistemle karşılaştırıldığında daha düşük maliyetlerle üretilebilmesini sağlamaktadır. Ayrıca rekombinant proteinleri kültür ortamına verimli bir şekilde salgılama yeteneği ile de tanınmaktadır. Bu durum rekombinant proteinlerin yüksek saflıkta saflaştırılmasını kolaylaştırmaktadır (Daly & Hearn, 2005; Steimann vd., 2024; Unver vd., 2018a).

K. phaffii tek karbon kaynağı olarak metanol, glikoz, gliserol veya etanol içeren kültür ortamlarında hızla büyümektedir (Türkanoğlu Özçelik vd., 2019). Alkol oksidaz (AOX), formaldehit dehidrogenaz 1 (FLD1), dihidroksiaseton sentaz (DAS), alkol dehidrogenaz

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

(ADH1), enolaz (ENO1) ve gliserol kinaz (GUT1) enzimlerini kodlayan genlerin promotörleri de *K. phaffii* mayasında kullanılan indüklenebilir promotörlerdendir. Kullanım amacına göre belirtilen promotörlerden herhangi biri kullanılarak bu mayada yüksek verimde rekombinant protein üretimi gerçekleştirilebilir.

2. İndüklenebilir Promotörler

AOX promotörü

*K.phaffii'*de AOX1 ve AOX2 olmak üzere iki alkol oksidaz geni ve bunlara karşılık gelen P_{AOX1} ve P_{AOX2} promotörleri vardır. P_{AOX1}, P_{AOX2}'ye göre yaklaşık 10 kat daha güçlüdür ve bu sebepten ötürü yüksek düzeyde heterolog protein ekspresyonu için genellikle P_{AOX1} kullanılmaktadır. AOX1 ve AOX2 enzimi metanol kullanım yolunda metanolün formaldehite dönüşümünü katalize eder. Bu nedenle AOX promotörü ile gen indüksiyonu için metanol gereklidir (Singh & Narang, 2023; Unver vd., 2024). *K. phaffii* metanolü metanol kullanım yoluyla (Mut) metabolize etme yeteneğine sahiptir. Her iki AOX geninin de işlevsel olduğu suşlar Mut^+ olarak sınıflandırılır. AOX2 geninin işlevsel olup AOX1 geninin işlevsel olmadığı suşlar Mut^S olarak sınıflandırılır. Her iki AOX geninin de işlevsel olmadığı suşlar da metanolü metabolize edilemez ve bu suşlar, Mut^- olarak sınıflandırılır (Bustos vd., 2022; Karbalaei vd., 2020). Metanol ile indüklenen P_{AOX1}, glikoz, gliserol ve etanol tarafından baskılanmaktadır. Tam indüksiyon yalnızca metanol eklendikten sonra görülmektedir ve bu durum yüksek verim elde edilmesini sağlar (Bernat-Camps vd., 2023).

Unver et al., 2018 ve arkadaşları yaptıkları bir çalışmada, tümör baskılayıcı özelliği olduğu bilinen insan PinX1 proteinini kodlayan geni (hPinX1) pPICZαA'ya klonlamışlardır. Ardından elde edilen rekombinant DNA'nın, protein üretimi için kompetan *K. phaffii* hücrelerine transformasyonunu gerçekleştirmiş ve pPICZαA-hPinX1 rekombinant DNA'sını içeren maya hücrelerini BMMY kültür ortamına almışlardır. En iyi protein üretiminin olduğu ekspresyon koşullarını belirlemek için farklı inkübasyon sürelerinde (24 saat, 48 saat ve 72 saat), farklı metanol konsantrasyonları (%0,5, %1,0, %2,0, %3,0 ve %4) ve başlangıç pH'larının farklı olduğu (4,0, 5,0, 6,0 ve 7,0) kültür ortamlarında rekombinant protein üretimini gerçekleştirmişlerdir. Western blot analizi ile deney gruplarını karşılaştırarak optimum ekspresyon koşullarını belirlemişlerdir. Elde ettikleri sonuçlara göre, rekombinant protein

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

üretiminin en yüksek olduğu inkübasyon süresi 48 saat, metanol konsantrasyonu %3 ve pH değeri 5 olarak belirlenmiştir.

FLD1 promotörü

*K. phaffi'*de rekombinant protein ekspresyonu için önemli olan promotörlerden biri de formaldehit dehidrogenaz (FLD1) geninin promotörüdür. Bu promotör P_{AOX1}'e benzer düzenleyici özelliklere sahiptir ve tek karbon kaynağı olarak metanolle (azot kaynağı olarak amonyum sülfat ile birlikte) indüklenebilmektedir. Tek azot kaynağı olarak metilamin ve karbon kaynağı olarak glikoz veya sorbitol kombinasyonu ile güçlü bir şekilde indüklenebilmektedir (H. Duan vd., 2009). Her iki yolda da formaldehit ara ürünü oluşmaktadır. Formaldehit, formaldehit dehidrogenaz tarafından formata ve daha sonra format dehidrogenaz ile de karbondioksite oksitlenebilir (Sunga & Cregg, 2004).

Zhan vd. 2014 ve arkadaşları tarafından yapılan bir çalışmada pPIC9K-IFTase rekombinant plazmitine FLD1 geni klonlanmış ve pPIC9K-FLD1-IFTase oluşturulmuştur. Oluşturulan plazmit, *Sal*I enzimi ile lineer hale getirilerek *K. phaffii* hücrelerine transfer edilmiştir. Ardından protein üretimine geçilmiştir. Azot ve karbon kaynağı olmak üzere farklı indükleyici ajan kombinasyonlarının (metilamin hidroklorür-gliserol, metilamin hidroklorür-glikoz, metilamin hidroklorür-metanol, amonyum sülfat-metanol) kullanıldığı kültür ortamlarının enzim üretimi ve aktivitesi üzerine etkilerini incelemişlerdir. HPLC (Yüksek performanslı sıvı kromatografisi) analizi ile IFTaz enziminin aktivitesini test etmişlerdir. Elde edilen sonuçlara göre azot kaynağı olarak metilamin hidroklorür, karbon kaynağı olarak metanol kullanılan üretim grubunda enzim aktivitesi ve üretim miktarı diğer gruplara göre daha yüksek çıkmıştır.

DAS promotörü

Dihidroksiaseton sentaz, %91 oranında benzerlik gösteren iki gen (DAS1 ve DAS2) tarafından sentezlenmektedir (X. Duan vd., 2018). $P_{DAS,}$ P_{AOX1} ile benzer düzenleyici özelliklere ve ifade seviyesine sahip olan Mut yolundan bir promotördür. Her iki DAS geni de metanol varlığında aynı ölçüde indüklenmektedir (Vogl & Glieder, 2013).

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

Takagi et al. 2019 tarafından yapılan çalışma, DAS promotörü için metanol kullanmadan protein ekspresyonunun gerçekleştirilebildiğini göstermiştir. Güçlü bir metanolle indüklenebilir promotör olan P_{DAS1}'i düzenledikten sonra *Citrobacter braakii* fitaz enziminin üretimi için kullanmışlardır. Bu amaçla, P_{DAS1} kullanarak KpTRM1'in (*K. phaffii'*de metanol kullanımıyla ilişkili genlerin pozitif transkripsiyon düzenleyicisi) yapısal ifadesini gerçekleştirmiş ve bu promotörün maya hücrelerinin ortama metanol eklemeden fitaz üretmesini sağladığını göstermişlerdir.

Diğer promotörler

Alkol dehidrojenaz (ADH) genleri *S. cerevisiae*'de etanol metabolizmasından sorumludur. *K. phaffi*'de ADH ve ADH3 olmak üzere iki farklı alkol dehidrojenaz geni (ADH) vardır. P_{ADH}, metanol ve glukoz tarafından baskılanırken, etanol ve gliserol tarafından indüklenmektedir. Bir diğer promotör olan P_{ENO1}, glikoz, etanol ve metanol tarafından baskılanırken, gliserol tarafından indüklenmektedir (Cregg JM, 2012; Unver & Dagci, 2024). Enolaz, 2-fosfogliseratın fosfoenolpirüvata dönüşümünü katalize eden bir enzimdir (Didiasova vd., 2019). İndüklenebilir başka bir promotör olan P_{GUT1} ise metanol tarafından baskılanırken gliserol, glukoz ve etanol tarafından indüklenmektedir (Cregg JM, 2012; Unver & Dagci, 2024).

3. SONUÇLAR VE DEĞERLENDİRME

Son yıllarda *K. phaffi*'de rekombinant protein ekspresyonun yaygınlaşmasıyla birlikte indüklenebilir promotörlerin kullanımı da sıklaşmıştır. Kültür ortamında indükleyici ajan olarak tek karbon kaynağı veya tek azot kaynağı bulunması promotörlerin indüklenmesini ve ardındaki genlerin ekspresyonunu sağlamaktadır. İndüklenebilir promotörlerle rekombinant proteinlerin ekspresyonu daha yüksek konsantrasyonlara ulaşabilir veya kontrol altında tutulabilir.

KAYNAKLAR

Bernat-Camps, N., Ebner, K., Schusterbauer, V., Fischer, J. E., Nieto-Taype, M. A., Valero, F., Glieder, A., & Garcia-Ortega, X. (2023). Enabling growth-decoupled Komagataella phaffii recombinant protein production based on the methanol-free PDH promoter. *Frontiers in*

Bioengineering and Biotechnology, *11*, 1130583. https://doi.org/10.3389/FBIOE.2023.1130583/BIBTEX

Bustos, C., Quezada, J., Veas, R., Altamirano, C., Braun-Galleani, S., Fickers, P., & Berrios, J. (2022). Advances in Cell Engineering of the Komagataella phaffii Platform for Recombinant Protein Production. *Metabolites 2022, Vol. 12, Page 346*, *12*(4), 346. https://doi.org/10.3390/METABO12040346

Cregg JM, T. I. (2012). *P. PASTORIS ADH PROMOTER AND USE THEREOF TO DIRECT EXPRESSION OF PROTEINS* .

Daly, R., & Hearn, M. T. W. (2005). Expression of heterologous proteins in Pichia pastoris: a useful experimental tool in protein engineering and production. *Journal of Molecular Recognition*, *18*(2), 119-138. https://doi.org/10.1002/JMR.687

Didiasova, M., Schaefer, L., & Wygrecka, M. (2019). When place matters: Shuttling of enolase-1 across cellular compartments. *Frontiers in Cell and Developmental Biology*, *7*(APR), 444130. https://doi.org/10.3389/FCELL.2019.00061/BIBTEX

Duan, H., Umar, S., Hu, Y., & Chen, J. (2009). Both the AOX1 promoter and the FLD1 promoter work together in a Pichia pastoris expression vector. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, *25*(10), 1779-1783. https://doi.org/10.1007/s11274-009-0077-4

Duan, X., Gao, J., & Zhou, Y. J. (2018). Advances in engineering methylotrophic yeast for biosynthesis of valuable chemicals from methanol. *Chinese Chemical Letters*, *29*(5), 681-686. https://doi.org/10.1016/J.CCLET.2017.11.015

Karbalaei, M., Rezaee, S. A., & Farsiani, H. (2020). Pichia pastoris: A highly successful expression system for optimal synthesis of heterologous proteins. *Journal of Cellular Physiology*, *235*(9), 5867-5881. https://doi.org/10.1002/JCP.29583

Singh, A., & Narang, A. (2023). PAOX1 expression in mixed-substrate continuous cultures of Komagataella phaffii (Pichia pastoris) is completely determined by methanol consumption regardless of the secondary carbon source. *Frontiers in Bioengineering and Biotechnology*, *11*, 1123703. https://doi.org/10.3389/FBIOE.2023.1123703/BIBTEX

Steimann, T., Heite, Z., Germer, A., Blank, L. M., Büchs, J., Mann, M., & Magnus, J. B. (2024). Understanding exopolysaccharide byproduct formation in Komagataella phaffii fermentation processes for recombinant protein production. *Microbial Cell Factories*, *23*(1), 131. https://doi.org/10.1186/S12934-024-02403-3

Sunga, A. J., & Cregg, J. M. (2004). The Pichia pastoris formaldehyde dehydrogenase gene (FLD1) as a marker for selection of multicopy expression strains of P. pastoris. *Gene*, *330*(1-2), 39-47. https://doi.org/10.1016/J.GENE.2003.12.015

Takagi, S., Tsutsumi, N., Terui, Y., Kong, X. Y., Yurimoto, H., & Sakai, Y. (2019). Engineering the expression system for Komagataella phaffii (Pichia pastoris): an attempt to develop a methanol-free expression system. *FEMS Yeast Research*, *19*(6), 59. https://doi.org/10.1093/FEMSYR/FOZ059

Türkanoğlu Özçelik, A., Yılmaz, S., & Inan, M. (2019). *Pichia pastoris Promoters* (ss. 97-112). https://doi.org/10.1007/978-1-4939-9024-5_3

Unver, Y., Ari, B., Acar, M., & Yildiz Arslan, S. (2024). A self-inducible heterologous protein expression system in Komagataella phaffii (Pichia pastoris). *3 Biotech*, *14*(9), 193. https://doi.org/10.1007/s13205-024-04039-x

Unver, Y., & Dagci, I. (2024). Komagataella phaffii (Pichia pastoris) as a Powerful Yeast Expression System for Biologics Production. *Frontiers in Bioscience-Elite*, *16*(2). https://doi.org/10.31083/j.fbe1602019

Unver, Y., Yildiz, M., Kilic, D., Taskin, M., Firat, A., & Askin, H. (2018a). Efficient expression of recombinant human telomerase inhibitor 1 (hPinX1) in Pichia pastoris. *Preparative Biochemistry and Biotechnology*, *48*(6), 535-540. https://doi.org/10.1080/10826068.2018.1466160

Unver, Y., Yildiz, M., Kilic, D., Taskin, M., Firat, A., & Askin, H. (2018b). Efficient expression of recombinant human telomerase inhibitor 1 (hPinX1) in Pichia pastoris. *Preparative Biochemistry and Biotechnology*, *48*(6), 535-540. https://doi.org/10.1080/10826068.2018.1466160

Vogl, T., & Glieder, A. (2013). Regulation of Pichia pastoris promoters and its consequences for protein production. *New Biotechnology*, *30*(4), 385-404. https://doi.org/10.1016/J.NBT.2012.11.010

Zhan, R., Mu, W., Jiang, B., Zhou, L., & Zhang, T. (2014). Efficient secretion of inulin fructotransferase in Pichia pastoris using the formaldehyde dehydrogenase 1 promoter. *Journal of Industrial Microbiology and Biotechnology*, *41*(12), 1783-1791. https://doi.org/10.1007/S10295-014-1516-2

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

BEYİN TÜMÖRLERİNİN TEDAVİSİNDE HİPERTERMİ

Yüksek Lisans Öğrencisi, Şeymanur SANCAKTUTAN
Atatürk Üniversitesi
seymanur.sancaktutan@ogr.atauni.edu.tr - 0009-0000-9192-5794
Doç. Dr. Yağmur ÜNVER
Atatürk Üniversitesi
yunver@atauni.edu.tr - 0000-0003-1497-081X

ÖZET

Beyin tümörleri, hayati risk taşıyan ve tedavisi en zorlu kanser türleri arasında yer almaktadır. En yaygın beyin tümörleri, sistemik kanserlerden köken alan intrakraniyal metastazlar, menenjiomlar ve glioblastomlardır. Bu tümörler merkezi sinir sisteminin (MSS) herhangi bir bölgesinde ortaya çıkabilir ve tedavileri, tıbbi onkolojinin yanı sıra multidisipliner bir yaklaşımla ele alınmasını gerektirir.

Son yıllarda yapılan birçok çalışma, beyin tümörlerinin tedavisinde hipertermi (HT) yönteminin kullanıldığını ortaya koymaktadır. HT, vücutta belirli bir bölgenin sıcaklığının terapötik bir etki sağlamak amacıyla bazal değerinin üzerine çıkarıldığı bir tedavi yöntemidir. HT; sistemik, bölgesel ve lokalize yaklaşımlar ile uygulanabilmektedir. Lokal HT uygulamasının, tedaviyi tümör bölgesine odaklaması sayesinde diğer yöntemlere göre daha etkili olduğu bilinmektedir. Ayrıca, lokal HT'nin diğer modalitelere kıyasla daha az yan etki oluşturduğu da belirtilmektedir. Beyin tümörlerinin tedavisinde lokalize HT yöntemleri arasında lazer interstisyel termal tedavi (laser interstitial thermal therapy; LITT), manyetik hipertermi tedavisi (magnetic hyperthermia; MHT) ve fototermal tedavi (photothermal therapy; PTT) en yaygın kullanılan yöntemlerdir. Bu çalışmada, çeşitli lokal HT yaklaşımlarının beyin tümörleri üzerindeki etkileri detaylı bir şekilde ele alınacaktır.

GİRİŞ

Beyin ve diğer merkezi sinir sistemi (MSS) tümörleri, hayati risk taşıyan ve tedavisi oldukça zorlu kanser türleri arasında yer almaktadır. Bu tümörler, Amerika Birleşik Devletleri gibi büyük ülkelerde önemli derecede morbidite ve mortaliteye yol açmaktadır. Yapılan araştırmalara göre, her yaştaki kötü huylu tümörlerin neredeyse yarısını (%49) glioblastomlar oluştururken, kötü huylu tümörlerin yarısından fazlasını (%54) menenjiyomlar oluşturmaktadır (Miller vd., 2021). En yaygın beyin tümörleri arasında sistemik kanserlerden köken alan intrakraniyal metastazlar, menenjiyomlar ve glioblastomlar yer alır. Bu tümörler arasında, IV. derece astrositom olarak sınıflandırılan glioblastoma, en yaygın ve en agresif olanıdır. Beynin herhangi bir bölgesinde gelişebilen bu tümörlerin tedavisinde cerrahi, kemoterapi ve radyoterapi yöntemleri kullanılmaktadır. Ancak, bu tedavi yöntemlerinin sonucunda hastalarda kanama ve enfeksiyon gibi çeşitli komplikasyonlar gelişebilmektedir ve bu durum, hastaların

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

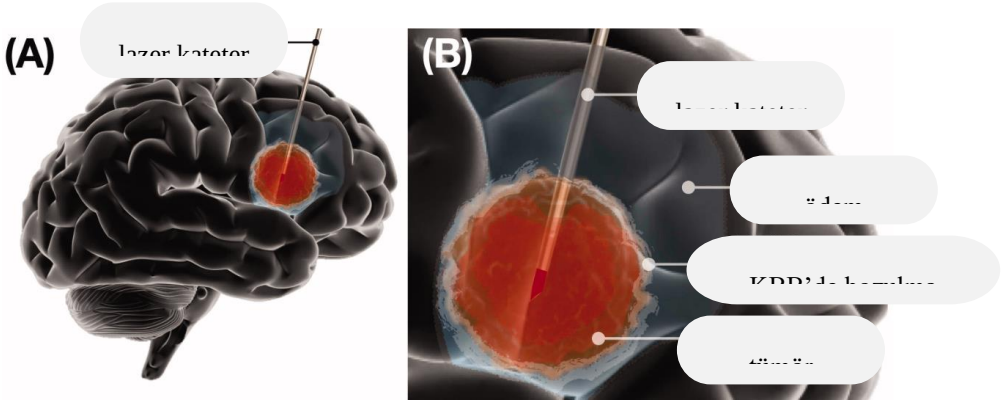
yaşam kalitesini olumsuz yönde etkilemektedir. Bu nedenle, beyin tümörlerinin tedavisi tıbbi onkolojinin yanı sıra multidisipliner yaklaşımlar gerektirmektedir (McFaline-Figueroa ve Lee, 2018; Yeşilyaprak T., 2021).

Son yıllarda yapılan birçok çalışma, beyin tümörlerinin tedavisinde invazif olmayan hipertermi (HT) yönteminin kullanıldığını ortaya koymaktadır. HT, vücutta belirli bir bölgenin sıcaklığının terapötik bir etki sağlamak amacıyla bazal değerinin üzerine çıkarıldığı bir tedavi yöntemidir. Bu durum, kanser hücrelerinde hücre çoğalmasını ve apoptoz indüksiyonunu durdurmaktadır. HT, tümör hücrelerine seçici olarak zarar verebilir ve ayrıca kanser hücrelerini radyoterapi ve kemoterapiye karşı daha duyarlı hale getirebilir. HT, sistemik, bölgesel ve lokalize yaklaşımlar ile uygulanabilmektedir. Lokal HT uygulamasının, tedaviyi tümör bölgesine odaklaması sayesinde diğer HT uygulamalarına kıyasla daha etkili olduğu bilinmektedir. Ayrıca, lokal HT'nin diğer modalitelere kıyasla daha az yan etki oluşturduğu da belirtilmektedir (Hashemi vd., 2022; Skandalakis vd., 2020). Lokal HT, harici bir ısıtma cihazı sayesinde elde edilir ve katı bir tümörün spesifik bir şekilde ısıtılmasını sağlar. Lokal HT, heterojen bir sıcaklık dağılımını hedefler. Bu durum sayesinde metabolik ve tümörün damarsal değişikliklerini içeren ısıya bağlı fizyolojik değişikliklere yol açar. Tümör dokusu normal dokuya kıyasla daha düşük perfüzyona sahiptir. Bu nedenle tümör dokusuna lokal HT uygulaması yapıldığında ısıyı normal dokuya göre daha az dağıtmaktadır. Bu durum, tümör dokusunu normal dokuya göre ısıya daha duyarlı hale getirir (Skandalakis vd., 2020).

LAZER İNTERSTİSYEL TERMAL TEDAVİ (LITT)

Günümüzde, lazer interstisyel termal tedavi (laser interstitial thermal therapy; LITT), beyin tümörlerinin tedavisinde en yaygın kullanılan termal ablasyon yöntemlerinden biri olarak öne çıkmaktadır. LITT, açık cerrahiye benzer sağkalım avantajları sunmakla birlikte, daha düşük cerrahi komplikasyon oranları ve daha kısa hastanede kalış süreleri gibi önemli avantajlara sahiptir. (Laurent vd., 2018)'nin gerçekleştirdiği bir dizi çalışma, LITT'nin genel anesteziye ihtiyaç duyulmaksızın, uyanık bir ortamda hastalara uygulanabildiğini ortaya koymuştur. Ayrıca, prosedür sırasında ilk stereotaktik biyopsi, doku tanısı amacıyla gerçekleştirilebilmektedir. (Shah vd., 2018, 2020) çalışmalarında, LITT'nin hem tanı hem de sitoredüksiyon amacıyla güvenli ve etkili bir yöntem olduğunu bildirmiştir. Bu yöntem sırasında, görüntüleme rehberliğinde lazer kateter probu, küçük bir burr (beyin cerrahının kafatasında açtığı küçük delik) deliğinden tümöre stereotaktik olarak yerleştirilir **Şekil 1**. Daha sonra probun ucundan uygulanan ışık enerjisi, tümör dokusu içinde ısıya dönüştürülerek çevredeki dokuların lokal termal ablasyonu sağlanır. Bu işlem sonucunda, hedeflenen tümör hücrelerinin ölümüne yol açan hipertermi etkisi meydana gelir.

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

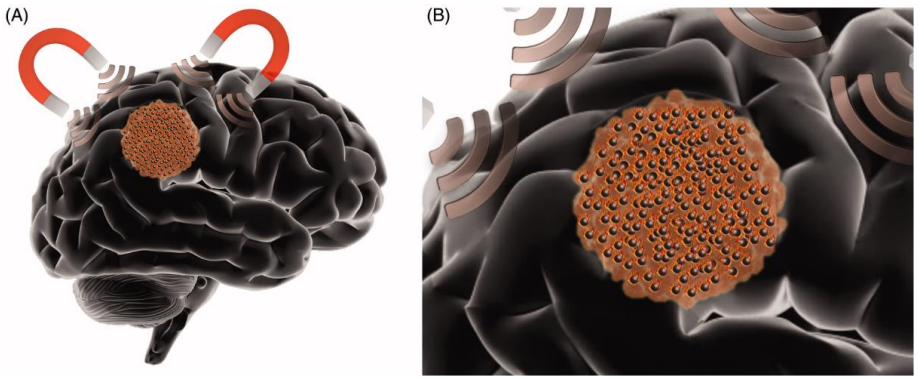


Şekil 1 Lazer interstisyel termal tedaviyi (LITT) gösteren beyin tümörü çizimi. (A) Lazer kateterinin tümör içine yerleştirilmesinin ve beyin tümörü ablasyonunun şematik gösterimi. (B) LITT ile ilişkili kan beyin bariyeri (BBB) bozulması ve LITT ile ilişkili perifokal ödem ile tutarlı LITT sonrası kontrast artışını gösteren beyin tümörü ablasyonunun şematik gösterimi. (Skandalakis vd., 2020)'den alıntılanmıştır.

(Salehi vd., 2020) tarafından gerçekleştirilen bir çalışmada, lazer tedavisinin kan-beyin bariyeri (KBB) ve kan-tümör bariyeri (KTB) geçirgenliğini artırma potansiyelini *in vivo* değerlendirmek amacıyla LITT kullanılan bir fare modeli geliştirilmiştir. Çalışmada, farelere ortotopik glioblastoma tümörü implantasyonu yapılmış ve ardından KBB izleyicileri ile antikanser ajan doksorubisin uygulanarak LITT tedavisi gerçekleştirilmiştir. Elde edilen bulgular, yüksek moleküler ağırlıklı partiküllerin LITT sonrasında KBB ve KTB'yi geçme olasılığının arttığını göstermiştir. Ayrıca, lazerle indüklenen KBB geçirgenliğindeki artış, beyin parankimasında dekstran floresan yoğunluğunun anlamlı bir şekilde yükselmesiyle doğrulanmıştır.

MANYETİK HİPERTERMİ TEDAVİSİ (MHT)

Manyetik hipertermi tedavisi (magnetic hyperthermia therapy MHT), ilk kez 1957 yılında lenf düğümlerine metastaz yapmış kanserlerin tedavisinde uygulanmıştır. Bu yöntem, lokalize hipertermi prensiplerine dayanarak manyetik nanopartiküllerin (MNP) kullanımı ve ısı üretimi amacıyla alternatif bir manyetik alanın (alternating magnetic field; AMF) dahil edilmesiyle geliştirilmiştir. MHT sürecinde ısı, MNP'lerin hedef bölgede birikmesi ve ardından harici bir AMF uygulanması sonucunda ortaya çıkar **Şekil 2**. (Mahmoudi vd., 2018).



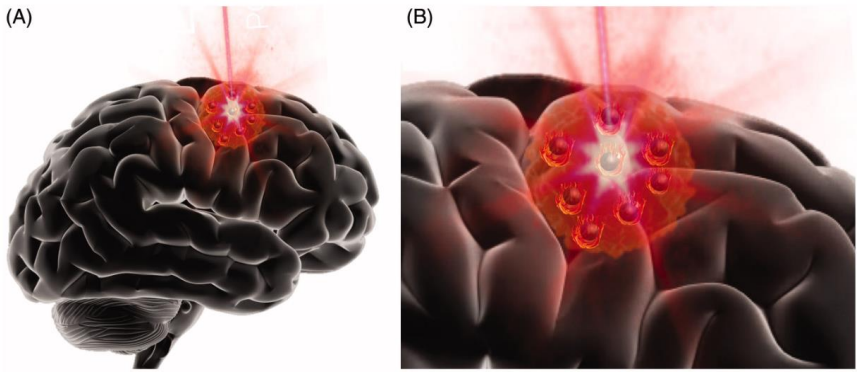
Şekil 2 Beyindeki manyetik hipertermi tedavisinin şematik gösterimi. (A) Manyetik nanopartiküllerin (siyah küreler) lokal olarak uygulanmasının ardından hastaya alternatif manyetik alan uygulanarak oldukça lokalize hipertermi oluşturulur. (Skandalakis vd., 2020)'den alıntılanmıştır.

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

MHT'yi beyin tümörleri ve özellikle GBM için bir tedavi olarak kullanmanın birçok avantajı vardır. İlk olarak, AMF'nin penetrasyon derinliği, HT'de yaygın olarak kullanılan diğer aktivasyon modalitelerinin (örneğin ışık veya akustik dalgalar) penetrasyon derinliğini aşarak, cilt kesisi veya kemik çıkarma işlemi yapmadan derin yerleşmiş tümörlerin ısıtılmasına olanak tanır. MNP'lerin enjeksiyon bölgesinde haftalarca kaldığının gösterilmesiyle birlikte, tek dozdan sonra birden fazla MHT seansı gerçekleştirmek mümkündür. Kısacası, MNP'ler tekrarlanan HT gerçekleştirmek için yerel olarak sınırlandırılmış, uzaktan kontrol edilebilen bir araçtır. (Adamiano vd., 2019) gerçekleştirdiği çalışmada, iki farklı süperparamagnetik kalsiyum fosfat nanokompozit nanopartikül sentezlenmiştir; amorf kalsiyum fosfat (Mag@CaP) ve demir katkılı hidroksiapatit (Mag). Bu nanopartiküllerin beyin kanseri hücrelerine karşı seçici aktiviteleri değerlendirilmiştir. Çalışmada, glioblastoma hücrelerine farklı süre ve konsantrasyonlarda, iki farklı kaplamaya sahip MNP uygulanmış ve hücre canlılıkları analiz edilmiştir. Elde edilen sonuçlar, MNP uygulanan ve MHT ile tedavi edilen gruplarda hücre canlılığında anlamlı bir azalma olduğunu göstermektedir.

FOTOTERMAL TEDAVİ (PTT)

Nanopartikül aracılı fototermal tedavi **(**photothermal therapy**;** PTT), lokal ısı kaynakları olarak hareket edebilen nano ölçekli fototermal ajanların (photothermal agents; PTAs) termal özelliklerine ve tümöre ulaşabilen ve PTA'ları uyarabilen yakın kızılötesi ışın (near infrared reflectance) NIR) radyasyonunun nüfuz edici özelliklerine dayanan HT uygulamaları için hızla gelişen bir platformdur.



Şekil 3 Beyin tümörü nanopartikül aracılı fototermal terapinin (PTT) çizimi. (A) Fototermal ajanlar (PTA'lar) uygulandıktan sonra beyin tümörüne lokal NIR ışık uygulamasının şematik gösterimi (siyah küreler). (B) Beyin tümörü içindeki PTA'ların NIR ışık uyarımını gösteren şematik çizim. PTA'lar NIR ışığını emer ve lokal ısı kaynakları olarak hareket eden termal enerji yayar. (Skandalakis vd., 2020)'den alıntılanmıştır.

Nanopartikül aracılı PTT, iki aşamalı bir tedavi yaklaşımı olup, PTA'ların lokal veya sistemik olarak uygulanmasını ve bunu takiben yakın kızılötesi NIR lazerlerle lokal ışık uygulamasını içerir **Şekil 3**. PTA'ların yüzeyinde yer alan elektronların salınımına bağlı olarak farklı dalga boylarında ışık emilmesi, lokalize yüzey plazmon rezonansı meydana getirir. Bu süreç, termal enerji açığa çıkararak tümör dokusunda sıcaklık artışına neden olurken çevredeki normal beyin dokusunun termal hasardan korunmasını sağlar. PTT, normal beyin dokusunda oluşabilecek hasar riskini daha da azaltmak amacıyla, önceden tanımlanmış NIR ışık enerjisi uygulama aralıkları ve sıcaklık izleme yöntemleriyle optimize edilebilir (Skandalakis vd., 2020). (Day vd., 2012)'nin gerçekleştirdiği bir çalışmada, intraserebral glioma tümörleri taşıyan fare

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

modellerinde tümör damar yapısını hedeflemek amacıyla vasküler endotelyal büyüme faktörü (VEGF) ile konjuge edilmiş PTA'lar incelenmiştir. Çalışmada, konjuge PTA'lar farelere uygulandıktan sonra tümörler yakın kızılötesi ışığa maruz bırakılarak tedavi etkinliği değerlendirilmiştir. VEGF hedeflemesinin, tümör damarlarına bağlı PTA konsantrasyonunu iki katına çıkardığı ve belirgin vasküler hasara yol açtığı gözlemlenmiştir.

SONUÇ

Hipertermi (HT), diğer tedavilerle birleştirilebilen beyin tümörleri için önemli bir tedavi yöntemidir. Kateter implantasyonu, MNP'ler ve diğer ajanları içeren HT için birden fazla yaklaşım mevcuttur. Şu anda, kateter bazlı LITT beyin tümörü hastalarında uygulanan en yaygın termal ablasyon yaklaşımıdır. HT'de en hızlı gelişen alan, çevredeki beyinde ısıyla ilişkili hasarı korurken HT'nin etkisini artırabilen MNP'ler ve AMF'nin kullanımıdır. Daha yüksek ısıtma kapasitesine ve daha iyi tümör hedefleme şemalarına sahip daha gelişmiş MNP'ler, gelecekteki beyin tümörü tedavileri için temel oluşturacaktır. Beyin tümörlerinin tedavisinde HT'nin ilerlemesini sürdürmek için translasyonel çalışmalara ve dikkatlice tasarlanmış klinik çalışmalara ihtiyaç vardır.

REFERANSLAR

Adamiano, A., Wu, V. M., Carella, F., Lamura, G., Canepa, F., Tampieri, A., … Uskoković, V. 2019. "Magnetic calcium phosphates nanocomposites for the intracellular hyperthermia of cancers of bone and brain". Nanomedicine, *14*(10).

Day, E. S., Zhang, L., Thompson, P. A., Zawaski, J. A., Kaffes, C. C., Gaber, M. W., … West, J. L. 2012. "Vascular-targeted photothermal therapy of an orthotopic murine glioma model". Nanomedicine, *7*(8).

Hashemi, M., abbasiazam, A., Oraee-Yazdani, S., Lenzer, J. 2022. "Response of human glioblastoma cells to hyperthermia: Cellular apoptosis and molecular events". Tissue and Cell, *75*.

Laurent, D., Oliveria, S. F., Shang, M., Bova, F., Freedman, R., Rahman, M. 2018. "Techniques to ensure accurate targeting for delivery of awake laser interstitial thermotherapy". Operative Neurosurgery, *15*(4).

Mahmoudi, K., Bouras, A., Bozec, D., Ivkov, R., Hadjipanayis, C. 2018. "Magnetic hyperthermia therapy for the treatment of glioblastoma: a review of the therapy's history, efficacy and application in humans". International Journal of Hyperthermia.

McFaline-Figueroa, J. R., Lee, E. Q. 2018. "Brain Tumors". The American Journal of Medicine, *131*(8), 874-882.

Miller, K. D., Ostrom, Q. T., Kruchko, C., Patil, N., Tihan, T., Cioffi, G., … Barnholtz-Sloan, J. S. 2021. "Brain and other central nervous system tumor statistics, 2021". CA: A Cancer Journal for Clinicians, *71*(5).

Salehi, A., Paturu, M. R., Patel, B., Cain, M. D., Mahlokozera, T., Yang, A. B., … Kim, A. H. 2020. "Therapeutic enhancement of blood-brain and blood-Tumor barriers permeability by laser interstitial thermal therapy". Neuro-Oncology Advances, *2*(1).

Shah, A. H., Richardson, A. M., Burks, J. D., Komotar, R. J. 2018. "Contemporaneous biopsy and laser interstitial thermal therapy for two treatment-refractory brain metastases". Neurosurgical Focus, *44*.

Shah, A. H., Semonche, A., Eichberg, D. G., Borowy, V., Luther, E., Sarkiss, C. A., … Komotar, R. J. 2020. "The role of laser interstitial thermal therapy in surgical neuro-oncology: Series of 100 consecutive patients". Neurosurgery, *87*(2).

Skandalakis, G. P., Rivera, D. R., Rizea, C. D., Bouras, A., Jesu Raj, J. G., Bozec, D., Hadjipanayis, C. G. 2020. "Hyperthermia treatment advances for brain tumors". International Journal of Hyperthermia.

Yeşilyaprak T., Ö. T. 2021. "Beyin tümörü olan hastalarda semptom yönetimine ilişkin güncel yaklaşımlar ".

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

TÜRKİYE'DEKİ ÇAY TÜKETİCİLERİNİN SİYAH ÇAY TÜKETİM ALIŞKANLIKLARININ BELİRLENMESİ*

Doç. Dr. Özge Can NİYAZ ALTINOK[1],

Şura UĞUR[2], Serhat OĞUR[3], Semih DEMİREL[4], Tolga DALKIRAN[5]

[1] Sorumlu yazar: Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarım Ekonomisi
E-mail: ozgecanniyaz@comu.edu.tr- ORCID ID: 0000-0002- 4958-9931
[2] Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarım Ekonomisi, Lisans Mezunları

ÖZET

Türkiye, Asya ile Avrupa kıtalarını birbirine bağlayan stratejik bir konuma sahiptir. Asya kültüründe önemli bir yeri olan çay yetiştiriciliği, cumhuriyetin ilk dönemlerinde Türkiye'de yaygınlaştırılmıştır. Türkiye, FAO 2018 yılı verilerine göre dünya çay üretiminin % 4'ünü gerçekleştirmekte ve dünyada altıncı sırada yer almaktadır. Siyah çay üretiminde dünyada önemli bire yere sahip olan Türkiye, beklenenin aksine çay ihracatında otuz birinci sırada yer almaktadır. Bunun en önemli nedeni ise siyah çay tüketiminde Türkiye'nin dünyada birinci sırada yer almasıdır. Bu nedenle hem üretim açısından hem de tüketim açısından Türkiye için öneme sahip olan siyah çay konusunun araştırılması önemli görülmüştür. Bu araştırmanın amacı Türkiye'deki siyah çay tüketicilerinin siyah çay tüketim alışkanlıklarının belirlenmesidir. Bu amaçla, Türkiye'de yaşayan 476 Türk siyah çay tüketicisi ile online anket yapılmıştır. Anketlerden elde edilen verilerin değerlendirilmesinde temel istatistiki yöntemler kullanılmıştır. Araştırmanın öne çıkan sonuçlarına göre tüketicilerin % 77,1'i her gün siyah çay içmektedir. Araştırma kapsamındaki tüketicilerin % 56,5'i günde 1 ile 5 çay bardağı arasında, % 30,3'ü ise 6 ile 10 bardak arasında çay tüketmektedir. Araştırma kapsamındaki tüketiciler, en çok Çaykur marka çay tercih etmektedirler. Tüketicilerin % 83,6'sı demleme yöntemi ile demlenen çay tüketmeyi tercih etmektedir. Araştırma kapsamındaki tüketicilerin % 60,5'i çaylarını şekersiz tercih ederken, % 30,5'i şeker ilave etmektedir. Tüketiciler açısından önemli kriterler sırasıyla tat ve marka olarak belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Çay tüketimi, temel istatistikler, tüketici anketi.

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

* Bu çalışma Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarım Ekonomisi Bölüm'ünde bitirme ödevi dersi kapsamında gerçekleştirilen ''TÜRKİYE'DEKİ ÇAY TÜKETİCİLERİNİN SİYAH ÇAY TÜKETİM ALIŞKANLIKLARININ BELİRLENMESİ'' konulu çalışmadan oluşturulmuştur.

DETERMINING BLACK TEA CONSUMPTION HABITS OF TEA CONSUMERS IN TURKEY*

ABSTRACT

Turkey has a strategic position connecting the continents of Asia and Europe. Tea cultivation, which holds an important place in Asian culture, was promoted and expanded in Turkey during the early years of the Republic. According to FAO data from 2018, Turkey accounts for 4% of the world's tea production and ranks sixth globally. Despite being a significant producer of black tea, Turkey ranks 31st in tea exports. The main reason for this is that Turkey ranks first in the world for black tea consumption. Therefore, studying black tea, which holds critical importance for Turkey in terms of both production and consumption, is seen as significant. The aim of this study is to determine the black tea consumption habits of black tea consumers in Turkey. For this purpose, an online survey was conducted with 476 Turkish black tea consumers residing in Turkey. Basic statistical methods were used to evaluate the data obtained from the surveys. According to the prominent results of the study, 77.1% of the consumers drink black tea every day. Among the consumers, 56.5% consume between 1 and 5 tea glasses daily, while 30.3% consume between 6 and 10 glasses. Çaykur is the most preferred tea brand among the participants. Additionally, 83.6% of the consumers prefer tea brewed using traditional brewing methods. While 60.5% of the consumers prefer their tea without sugar, 30.5% add sugar. Taste and brand were identified as the most important criteria for consumers.

Keywords: Tea consumption, basic statistics, consumer survey.

* This study was derived from the project titled "DETERMINING BLACK TEA CONSUMPTION HABITS OF TEA CONSUMERS IN TURKEY," conducted as part of the graduation thesis course in the Department of Agricultural Economics, Faculty of Agriculture, Çanakkale Onsekiz Mart University.

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

1. GİRİŞ

Dünyada sudan sonra tüketilen ikinci içecek olan çay (Camellia Sinensis), çaygiller (Theaceae) familyasındaki nemli iklimlerde yetişen, yaprak ve tomurcukları içecek maddesi üretmekte kullanılan bir tarım bitkisidir. Çay, dünya çapında hem sıcak hem de soğuk olarak çok tüketilen popüler içeceklerin başında gelmektedir. Eski bir geçmişe sahip olan çay, kültürel ve ekonomik açıdan insan yaşamında daima önemli bir yer tutmuştur. Çay, dünyada sudan sonra en fazla içilen ve içme alışkanlığı gittikçe artan önemli bir gıda ve içecek maddesidir (Kılıç ve ark., 2012; Sayılı, 2013; Kılıç ve ark., 2014; Cengiz ve Okan, 2021; Çalışır ve ark., 2019; Öztürk, 2019; Saklı, 2019; Önçırak, 2019; Uzundumlu ve ark., 2019; Yıldız, 2019; Yılmaz, 2019; Yıldız ve Koçan, 2021; Tandoğan ve Zencir, 2024). Çay bitkisinin yapraklarından hazırlanan çayın, tüketim alışkanlığının 16. yüzyıldan itibaren Asya'dan Avrupa ülkelerine, oradan da tüm dünyaya yayıldığı bilinmektedir. Çin'den, Rusya kanalıyla Osmanlı Devleti'ne giren çayın Anadolu topraklarında tüketim alışkanlığı 1600'lü yıllarda başlamaktadır. Ancak bu dönemde çay arzı ithalatla karşılandığından daha çok lüks mal olarak görülmekte ve onu yalnızca satın alabilenler tüketebilmekteydi. Tanzimat Dönemi'nden sonra çay halk arasında giderek yaygınlaşmış ve 19. yüzyılın sonlarında kahvaltı sofralarında yer almaya başlamıştır. Cumhuriyetin ilanından sonra, Mustafa Kemal Atatürk'ün teşviki ile çay tarımına başlanmıştır. Bu sayede Türkiye'de çay arzında artış olmuş ve bu gelişmeye paralel olarak çay tüketiminde de önemli artışlar yaşanmıştır (Alikılıç, 2016.) Özellikle son 10 yılda meydana gelen artışlar Türkiye'yi kişi başı çay tüketiminde 3,96 kilogram ile dünyada lider konuma getirmiştir. Türkiye'de günlük olarak tüketilen 245 milyon bardak çay, sudan sonra en çok tüketilen içecek olma özelliğini taşımaktadır. Türkiye dünya siyah çay üretiminde % 4 oranla altıncı sırada yer almaktadır. Önemli bir çay üreticisi olan Türkiye, ihracatta ise ilk otuz ülke arasında yer almamaktadır. Bunun nedeni dünya siyah çay tüketiminde birinci sırayı Türkiye'nin almasıdır (Çay Sektör Raporu, 2020). Siyah çay hem üretim hem de tüketim açısından Türkiye'de önemli bir yere sahiptir. Bu konunun amacı, dünyada hem siyah çay üretimi hem de siyah çay tüketiminde önemli bir yere sahip olan Türkiye'deki siyah çay üreticilerinin siyah çay tüketim alışkanlıklarının belirlenmesidir. Bu araştırma Türkiye genelini kapsamaktadır. Bu nedenle, son dönemde Türkiye'deki tüketicilerin siyah çay tüketim alışkanlıklarının ortaya konulması açısından önemli görülmektedir. Bu araştırmanın zaman kapsamı 2020 yılıdır. Anketler 2020 yılı Aralık ayında yapılmıştır. Araştırmanın tüketici kapsamı Türkiye'de siyah çay tüketen tüketicilerdir.

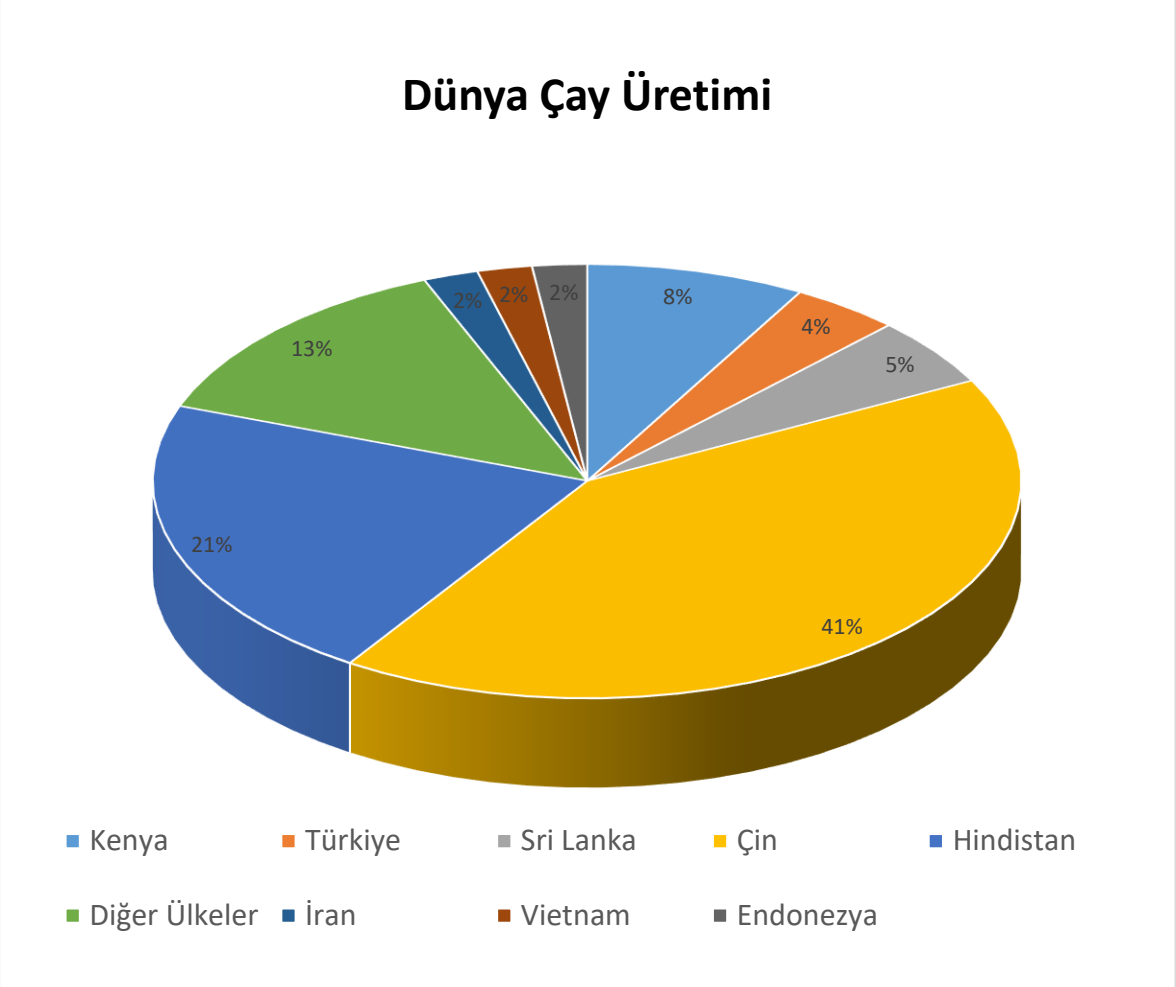
ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

2.DÜNYADA VE TÜRKİYE'DE ÇAY TÜKETİM İSTATİSTİKLERİ

2.1. Dünya'da Siyah Çay Üretim İstatistikleri

Dünya Gıda Örgütü (FAO) 2018 yılı verilerine göre; dünyada 4.2 milyon hektar (ha) alanda 6.3 Milyon Ton çay üretilmektedir. Grafik 1'de görüldüğü üzere, FAO istatistiklerine göre 2018 yılında dünya çay üretiminde Çin % 41, Hindistan % 21, Kenya % 8, Sri Lanka % 5, Vietnam %4, Türkiye % 4, Endonezya % 2, İran % 2 ve diğer üretici ülkeler %13 paya sahiptir.

Grafik 1. Dünya Çay Üretimi (2018)

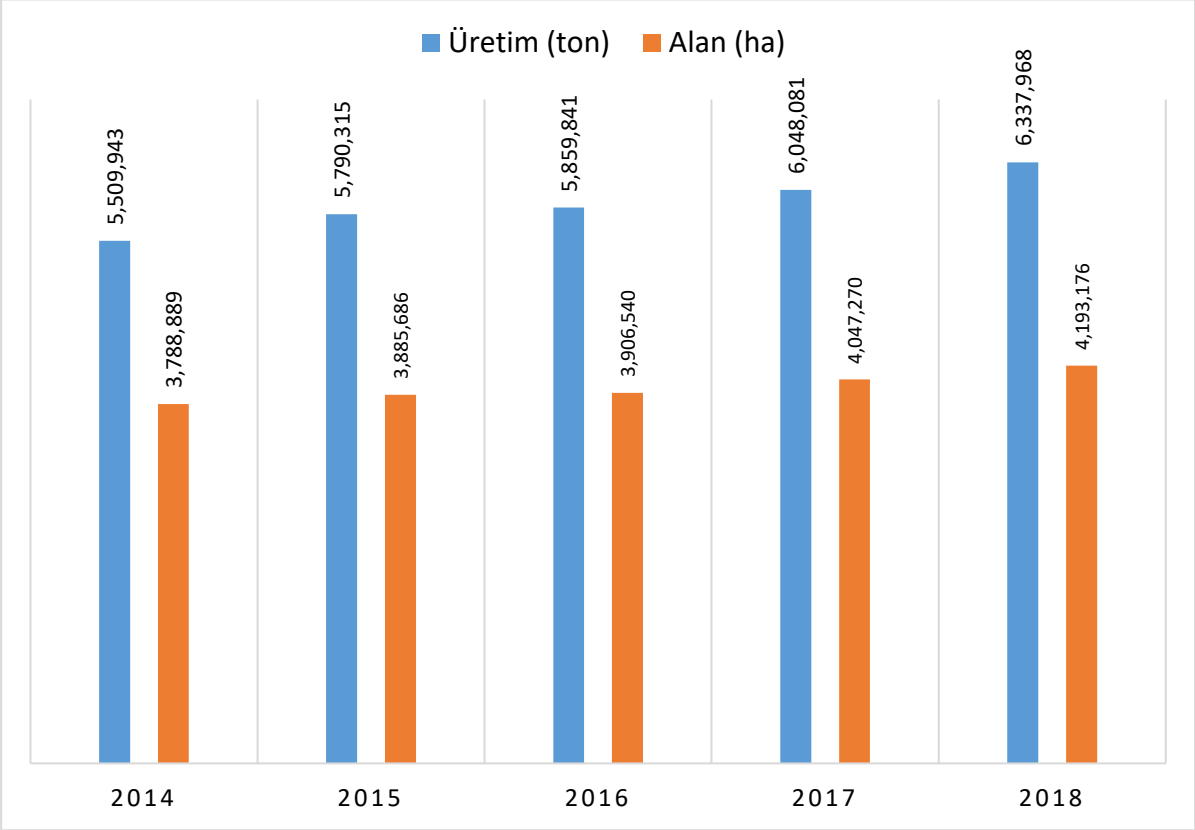


Kaynak: FAOSTAT, Erişim Tarihi: 10.04.2021

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

FAO istatistiklerine göre 2018 yılında dünyadaki çay tarım alanlarının dağılımı; Çin % 56, Hindistan % 15, Kenya % 6, Sri Lanka % 5, Endonezya % 3, Vietnam % 3, Myanmar % 2, Türkiye % 2 ve diğer üretici ülkeler % 9 şeklindedir.

Grafik 2. Dünya Çay Üretim Alanları (2018)



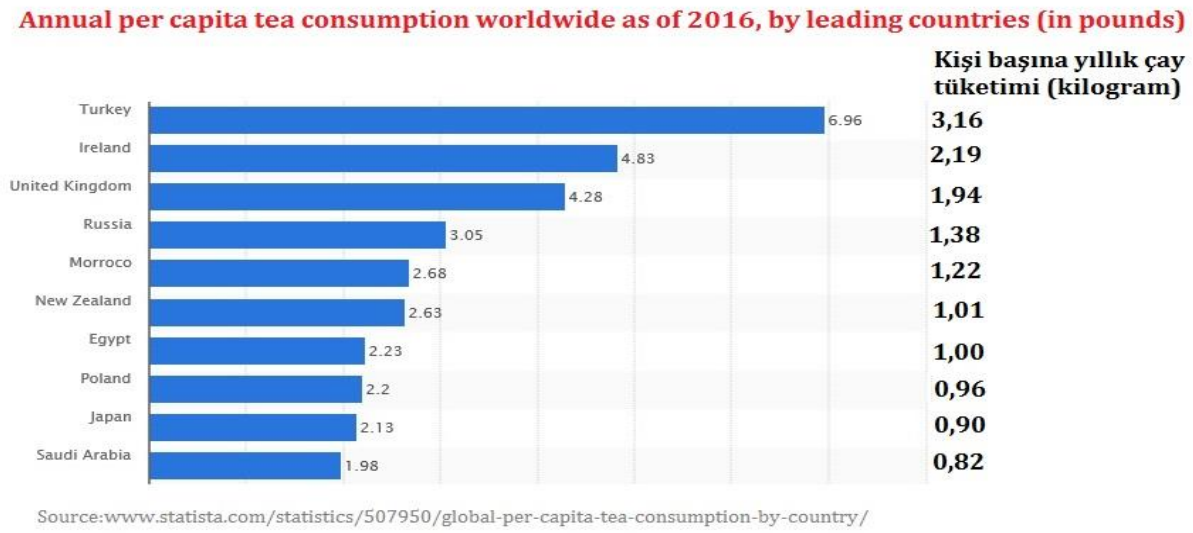
Kaynak: FAOSTAT, Erişim Tarihi: 30.06.2021

2.2. Dünyada Siyah Çay Tüketim İstatistikleri

Türkiye, dünya siyah çay tüketiminde lider konumdadır. Yıllık çay tüketimine bakıldığında Türkiye 3,16 kg ile birinci sıradadır.

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

Grafik 3. Ülkelere göre kişi başına yıllık çay tüketimi (kg)



Kaynak: STATISTICA, 2021

Dünyada en çok çay içen ülkeler haritası Grafik 4'te verilmiştir. Burada da Türkiye'nin en çok çay içen ülke olduğu görülmektedir.

Grafik 4. Dünyada En Çok Çay İçen Ülkeler



Kaynak: Dünya Bankası, 2021

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

2.3. Türkiye'de Çay Üretim İstatistikleri

Türkiye'de 2015-2019 yılları arasındaki Türkiye'de toplam yaş çay yaprağı üretim miktarları Çizelge 1'de görülmektedir. Buna göre; Türkiye'de yaş çay yaprağı üretimi 2015 yılında 1.327.934 ton, 2016 yılında 1.350.000 ton, 2017 yılında 1.300.000 ton, 2018 yılında 1.480.534 ton ve 2019 yılında 1.407.448 ton olarak gerçekleşmiştir.

Çizelge 1. Yıllar İtibariyle Türkiye'de Yaş Çay Yaprağı Üretimi

Yıl	Yaş Çay Yaprağı Üretimi (Ton)
2015	1.327.934
2016	1.350.000
2017	1.300.000
2018	1.480.534
2019	1.407.448

Kaynak: TÜİK ,2021

Türkiye'de 2015- 2019 yılları arasında toplam kuru çay üretim miktarları Çizelge 2'de görülmektedir. Buna göre; Türkiye'de kuru çay üretimi 2014 yılında 226.800 ton, 2015 yılında 239.028 ton, 2016 yılında 243.000 ton, 2017 yılında 234.000 ton ve 2018 yılında 270.000 ton olarak gerçekleşmiştir.

Çizelge 2. Yıllar İtibariyle Türkiye'de Kuru Çay Üretimi

Yıl	Kuru Çay Üretimi (Ton)
2014	226.800
2015	239.028
2016	243.000
2017	234.000
2018	270.000

Kaynak: FAO,2019

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

2.4. Türkiye'de Çay Tüketim İstatistikleri

Türkiye'de nüfusun neredeyse tamamı çay içmektedir. Türkiye'de günde 245 milyon bardak çay tüketilmektedir. 2016 yılı verilerine göre kişi başı 3.16 kg'lık yıllık çay tüketimi ile dünyada birinci sırada yer alan Türkiye, çay üretiminin tamamına yakınını iç piyasada tüketmekte ve sembolik düzeyde ihracat yapmaktadır. Dolayısıyla, tüketim yönünden dünyanın en büyük üçüncü pazarı konumundadır.

3.MATERYAL VE YÖNTEM

Bu çalışma birincil ve ikincil verilerden oluşmaktadır. Araştırmada kullanılan birincil veriler aşağıdaki formüle göre hesaplanan anketlerden elde edilmiştir. Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK) 2020 yılı verilerine göre Türkiye nüfusu 83.614.000 kişi olarak belirtilmiştir (TÜİK, 2020). Bu hedef kitlede % 95 güven aralığında α=0.05 için t değeri 1.96'dır. Araştırmada olayın gerçekleşme olasılığı en yüksek anket sayısına ulaşabilmek için (p) ve gerçekleşmeme olasılığı (q) eşit ve 0.50 olarak kabul edilmiştir. Buna göre;

$$n=((83.614.000)x\ (1,\ 96)^2x(0,5)x(0,5))/((0.05)^2x(83.614.000-1)+(1,\ 96)^2x(0,5)x(0,5)) =383$$

Buna göre araştırma kapsamında Türkiye genelinde online olarak minimum 383 tane anket yapılmasına karar verilmiştir. Anket aşaması sonucunda, 476 adet geçerli anket yapılmıştır.
Bu araştırma kapsamında online anket yöntemi ile elde edilen birincil verilerin değerlendirilmesinde temel istatistiki yöntemler ile değerlendirilmiştir. Bu verilerin değerlendirilmesinde; sayı, yüzde gibi temel yöntemlerden yararlanılmıştır.

4. ARAŞTIRMA BULGULARI

4.1. Araştırma kapsamındaki çay tüketicilerinin demografik özellikleri

Araştırmaya katılan kişilerin yaşadıkları bölgelere göre dağılımları Çizelge 3'de verilmiştir. Buna göre tüketicilerin %41,0'i Marmara Bölgesinde, % 27,4'ü Ege Bölgesinde, %

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

11,6'i Akdeniz Bölgesinde, % 6,0'sı İç Anadolu Bölgesinde, %2,2'si Karadeniz Bölgesinde yaşamaktadır.

Çizelge 3. Araştırmaya Katılan Kişilerin Bölgelere Göre Dağılımı (%)

Bölgeler	Sayı	Yüzde (%)
Marmara Bölgesi	205	41,0
Ege Bölgesi	137	27,4
Akdeniz Bölgesi	58	11,6
İç Anadolu Bölgesi	30	6,0
Karadeniz Bölgesi	11	2,2
Doğu Anadolu Bölgesi	9	1,8
Güneydoğu Anadolu Bölgesi	2	0,4
Diğer	2	0,4
Cevap yok	22	4,4
Toplam	476	100,0

Araştırmaya katılan kişilerin cinsiyetlerine göre dağılımları Çizelge 4'de verilmiştir. Buna göre araştırmaya katılan kişilerin % 41,8'i erkek ve % 52,8'i kadındır.

Çizelge 4. Araştırmaya Katılan Kişilerin Cinsiyetlerine Göre Dağılımı (%)

Cinsiyet	Sayı	Yüzde (%)
Erkek	199	41,8
Kadın	277	58,2
Toplam	476	100,0

Araştırmaya katılan tüketicilerin yaş aralıklarına göre dağılımı Çizelge 5'de görülmektedir. Buna göre ankete katılanların % 2,5'i 18 yaş ve altı, % 60,0'ı 18-25 yaş arasında, % 12,2'si 29-38 yaş aralığında, % 18,5'i 39-48 yaş aralığında, % 5,2'si 49-58 yaş aralığında ve % 1,6'sı 59 yaş ve üzerindedir.

Çizelge 5. Araştırmaya Katılan Kişilerin Yaş Aralıklarına Göre Dağılımı (%)

Yaş Aralığı	Sayı	Yüzde (%)

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

18 Yaş Altı	12	2,5
18-28 Yaş	285	60
29-38 Yaş	58	12,2
39-48 Yaş	88	18,5
49-58 Yaş	25	5,2
59 Yaş ve üzeri	8	1,6
Toplam	476	100,0

Araştırmaya katılan kişilerin hanede yaşadıkları kişi sayısına göre dağılımları Çizelge 6'da verilmiştir. Buna göre 1-2 kişi yanıtını veren % 18,6, 3-4 kişi yanıtını veren % 64,5, 5-6 kişi yanıtını veren % 15,5 ve 7 kişi ve üzeri yanıtını veren % 1,6'dır.

Çizelge 6. Araştırmaya Katılan Kişilerin Hanede Yaşadıkları Kişi Sayısına Göre Dağılımı (%)

Kişi Sayısı Aralığı	Sayı	Yüzde (%)
1-2 Kişi	89	18,6
3-4 Kişi	305	64,5
5-6 Kişi	74	15,5
7 Kişi ve üzeri	8	1,6
Toplam	476	100,0

Araştırmaya katılan tüketicilerin medeni hallerine göre dağılımları Çizelge 7'de verilmiştir. Buna göre bekar yanıtını veren tüketicilerin oranı % 66,8 ve evli yanıtını verenlerin % 33,2'dir.

Çizelge 7. Araştırmaya Katılan Kişilerin Medeni Hallerine Göre Dağılımı (%)

Medeni hal	Sayı	Yüzde
Bekar	318	66,8
Evli	158	33,2
Toplam	476	100,0

Araştırmaya katılan kişilerin eğitim durumlarına göre dağılımı Çizelge 8'de görülmektedir. Buna göre araştırma kapsamındaki tüketicilerin % 0,4'ü sadece okur yazar, % 7,3'ü ilkokul mezunu, % 0,2'si ortaokul mezunu, % 21,4'ü lise, % 64,3'ü üniversite, % 5,7'si yüksek lisans ve % 0,6'sı ise doktora mezunudur.

Çizelge 8. Araştırmaya Katılan Kişilerin Eğitim Durumlarına Göre Dağılımı (%)

Eğitim durumu	Sayı	Yüzde
Sadece okuryazar	2	0,4
İlkokul mezunu	35	7,3
Ortaokul mezunu	1	0,2
Lise mezunu	102	21,4
Üniversite	306	64,3
Yüksek lisans	27	5,7
Doktora	3	0,6
Toplam	476	100

Araştırmaya katılan kişilerin aylık şahsi gelir aralıklarına göre dağılımı Çizelge 9'da verilmiştir. Buna göre 1.000 TL ve altında yanıtı verenlerin oranı % 29,9, 1.000 TL – 2.000 TL arasında yanıtı verenlerin oranı 59,5, 2.001 TL - 3.000 TL arasında yanıtını verenlerin oranı % 12.2 , 3.001 TL - 4.000 TL arasında yanıtı verenlerin oranı % 8.8, 4.001 TL - 5.000 TL arasında yanıtı verenlerin oranı % 13,9, 5.001 TL ve üzeri yanıtı verenlerin oranı % 16,8 ve belirtmek istemiyorum diyenlerin oranı ise % 9,2'dir.

Çizelge 9. Araştırmaya Katılan Kişilerin Aylık Şahsi Gelirine Göre Dağılımı (%)

Gelir	Sayı	Yüzde
1.000 TL ve altında	141	29,6
1.001 TL-2.000 TL arasında	45	9,5
2.001 TL-3.000 TL arasında	58	12,2

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

3.001 TL-4.000 TL arasında	42	8,8
4.001 TL-5.000 TL arasında	66	13,9
5.001 TL ve üzeri	80	16,8
8.001 TL-10.000 TL arasında	64	13,4
Belirtmek istemiyorum	18	3,8
Toplam	476	100

4.2. Araştırma Kapsamındaki Tüketicilerin Çay Tüketime Alışkanlıklarına Dair Bulgular

Ankete katılan kişilerin "Siyah çay içme sıklığınız nedir?" sorusuna verdiği yanıtlar Çizelge 10'da görülmektedir. Buna göre; "Her gün" yanıtını veren katılımcıların oranı % 77,1, "Haftada birkaç kez" yanıtını veren katılımcıların oranı % 13,7, "Haftada bir kez" yanıtını veren katılımcıların oranı % 2,5, "Daha nadir" yanıtını veren katılımcıların oranı % 4, "Hiç" yanıtını veren katılımcıların oranı % 2,7'dir.

Çizelge 10. Türkiye'deki Siyah Çay Tüketicilerinin Siyah Çay Tüketme Sıklıkları (%)

Sıklık	Sayı	Yüzde (%)
Her gün	367	77,1
Haftada birkaç kez	65	13,7
Haftada bir kez	12	2,5
Daha nadir	19	4,0
Hiç	13	2,7
Toplam	476	100,0

Ankete katılan tüketicilerin "Hanenizde aylık siyah çay tüketimi tahminen ne kadardır?" sorusuna verdiği yanıtlar Çizelge 11'de görülmektedir. Buna göre; "50 gr veya altı" yanıtını veren katılımcıların oranı % 4, "51-500 gr arası" yanıtını veren katılımcıların oranı % 36,6, "501- 1000 gr arası" yanıtını veren katılımcıların oranı % 28,4, "1001- 2000 gr arası" yanıtını veren katılımcıların oranı % 14,5, "2001 gr ve üzeri" yanıtını veren katılımcıların oranı % 6,3, "Bilmiyorum" yanıtını veren katılımcıların oranı % 10,3'tür.

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

Çizelge 11. Türkiye'deki Siyah Çay Tüketicilerinin Aylık Siyah Çay Tüketim Miktarları

Tüketim Miktarı	Sayı	Yüzde (%)
50 gr veya altı	19	4,0
51-500 gr arası	174	36,6
501-1000 gr arası	135	28,4
1001-2000 gr arası	69	14,5
2001 gr ve üzeri	30	6,3
Bilmiyorum	49	10,2
Toplam	476	100,0

Ankete katılan 476 kişinin "Günde yaklaşık kaç standart boy (100 ml) çay bardağı siyah çay tüketirsiniz?" sorusuna verdiği yanıtlar Çizelge 12'de görülmektedir. Buna göre; "Hiç" yanıtını veren katılımcıların oranı % 3,6, "1 Bardaktan az" yanıtını veren katılımcıların oranı % 2,1, "1- 5 Bardak arası" yanıtını veren katılımcıların oranı % 56,5, "6-10 Bardak arası" yanıtını veren katılımcıların oranı % 30,3, "11 Bardak ve üzeri" yanıtını veren katılımcıların oranı % 7,6'dır.

Çizelge 12. Türkiye'deki Siyah Çay Tüketicilerinin Günlük Siyah Çay Tüketim Durumu (%)

Çay Bardağı	Sayı	Yüzde (%)
Hiç	17	3,6
1 Bardaktan az	10	2,1
1-5 Bardak arası	269	56,5
6-10 Bardak arası	144	30,3
11 Bardak ve üzeri	36	7,5
Toplam	476	100,0

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

Ankete katılan tüketicilerin, "Tercih ettiğiniz siyah çay markaları nelerdir?" sorusuna verdiği yanıtlar Çizelge 13'de görülmektedir. Buna göre; Çaykur markası için "Tercih Ediyorum" yanıtını veren katılımcıların oranı % 77,3, Lipton markası için "Tercih Ediyorum" yanıtını veren katılımcıların oranı % 32,1'dir. Doğuş markası için "Tercih Ediyorum" yanıtını veren katılımcıların oranı % 22,7 iken Ofçay markası için "Tercih Ediyorum" yanıtını veren katılımcıların oranı % 9.0'dur.

Çizelge 13. Türkiye'deki Siyah Çay Tüketicilerinin Tercih Kriterlerine Göre Dağılımı (%)

	Tercih Ediyorum		Bazen		Tercih Etmiyorum	
Marka	Sayı	Yüzde	Sayı	Yüzde	Sayı	Yüzde
Çaykur	368	77,3	83	17,4	25	5,3
Lipton	153	32,1	191	40,1	132	27,8
Doğuş	108	22,7	175	36,8	193	40,5
Ofçay	43	9,0	103	21,7	330	69,3
Berkçay	16	3,3	56	11,8	404	84,9
Obaçay	8	1,7	46	9,6	422	88,7
Diğer	40	8,4	95	20,0	341	71,6

Ankete katılan kişilerin, "Mevsimlere göre çay tüketiminiz nasıldır?" sorusuna verdiği yanıtlar Çizelge 14'de görülmektedir. Buna göre; Kış mevsiminde "Artar" yanıtını veren katılımcıların oranı 62,2, "Azalır" yanıtını veren katılımcıları oranı %0,6, "Değişmez" yanıtını veren katılımcıların oranı %37,2, Sonbahar mevsiminde "Artar" yanıtını veren katılımcıların oranı 30,5, "Azalır" yanıtını veren katılımcıların oranı %2,3, "Değişmez" yanıtını veren katılımcıların oranı 67,2, Yaz mevsiminde "Artar" yanıtını veren katılımcıların oranı 6,9, "Azalır" yanıtını veren katılımcıların oranı %47,3, "Değişmez" yanıtını veren katılımcıların oranı 45,8, İlkbahar mevsiminde "Artar" yanıtını veren katılımcıların oranı 8,6, "Azalır" yanıtını veren katılımcıların oranı 16,4, "Değişmez" yanıtını veren katılımcıların oranı %75'tir.

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

Çizelge 14. Türkiye'deki Siyah Çay Tüketicilerinin Mevsimlere Göre Tercih Dağılımları (%)

	Artar		Azalır		Değişmez	
Mevsim	Sayı	Yüzde	Sayı	Yüzde	Sayı	Yüzde
Kış	296	62,2	3	0,6	177	37,2
Sonbahar	145	30,5	11	2,3	320	67,2
Yaz	33	6,9	225	47,3	218	45,8
İlkbahar	41	8,6	78	16,4	357	75

Araştırma kapsamındaki katılan kişilerin siyah çayı genellikle nasıl içersiniz sorusuna verdikleri cevaplar Çizelge 15'de görülmektedir. Buna göre % 86,3 demleme tüketirken % 2,3 ise sallama içmektedir.% 14,1 gibi bir oran ise her iki şekilde içtiklerini belirmişlerdir.

Çizelge 15. Türkiye'deki Siyah Çay Tüketicilerinin Tercihlerine Göre Dağılımı (%)

	Sayı	Yüzde
Demleme	398	83,6
Her ikisi	67	14,1
Sallama	11	2,3
Toplam	476	100,0

Araştırma kapsamındaki kişilerin siyah çayı nasıl tercih edersiniz sorusuna verilen

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

yanıtlar Çizelge 16'da görülmektedir. Buna göre %30,5 şekerli içtiklerini söylerken %60,5 şekersiz içtiklerini belirtmiş diğer % 9,0 ise değiştiğini söylemiştir.

Çizelge 16. Türkiye'deki Tüketicilerin Çayı Şekerli İçme Durumlarına Göre Dağılımı (%)

	Sayı	Yüzde
Şekerli	145	30,5
Şekersiz	288	60,5
Değişiyor	43	9,0
Toplam	476	100.0

Araştırma kapsamındaki tüketicilerin siyah çay içme zamanlarına göre dağılımı Çizelge 17'de verilmiştir. Buna göre çay en çok kahvaltıda, akşam ve yemek sonraları tercih edilmektedir.

Çizelge 17. Türkiye'deki Tüketicilerin Siyah Çay İçme Zamalarına Göre Dağılımı (%)

	Kahvaltı		Ana Yemekte		Yemeğin Üzerine		Akşamüzeri		Akşam		Saate Bağlı Olmaksızın	
	Sayı	Yüzde	Sayı	Yüzde	Sayı	Yüzde	Sayı	Yüzde	Sayı	Yüzde	Sayı	Yüzde
Kesinlikle içerim	376	79,0	56	11,8	202	42,4	120	25,2	235	49,4	118	24,8
Bazen	93	19,5	223	46,8	211	44,3	246	51,7	181	38,0	223	46,8
Kesinlikle içmem	7	1,5	197	41,4	63	13,2	110	23,1	60	12,6	135	28,4
Toplam	476	100,0	476	100,0	476	100,0	476	100,0	476	100,0	476	100,0

Araştırma kapsamında tüketicilerin siyah çay satın aldıkları yerlere göre dağılımı Çizelge 18'da verilmiştir. Buna göre tüketcilerin çoğunluğu (%89,3) marketlerden çay almayı

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

tercih etmektedir.

Çizelge 18. Türkiye'deki Siyah Çay Tüketicilerin Çay Satın Aldıkları Yere Göre Dağılımları (%)

	Sayı	Yüzde
Bakkal	348	7,1
Market	425	89,3
Online market	5	1,1
Online alışveriş siteleri	2	0,4
Diğer	10	2,1
Toplam	476	100,0

Araştırma kapsamındaki tüketicilerin siyah çay alırken satın alma kararına etki edebilecek olan kriterlere Çizelge 19'da verilmiştir. Buna göre en önemli değişkenin marka olduğu görülmektedir. Markadan sonra en önemli değişken ise tat olarak belirlenmiştir. Fiyat ise üçüncü sırada gelmektedir. Ambalaj, tüm bu değişkenler arasında önem sırasında sondadır.

Çizelge 19. Türkiye'deki Tüketicilerin Siyah Çay Satın Almasında Etkili Olan Kriterlere Göre Dağılımı (%)

	FİYAT		MARKA		TAT		AMBALAJ	
	Sayı	Yüzde	Sayı	Yüzde	Sayı	Yüzde	Sayı	Yüzde
Çok önemli	111	23,3	247	51,9	345	72,5	90	18,9
Çok önemsiz	11	2,3	1	0,2	1	0,2	16	3,4
Ne önemli ne de önemsiz	79	16,6	30	6,3	14	2,9	136	28,6
Önemli	229	48,1	190	39,9	113	23,7	132	27,7
Önemsiz	46	9,7	8	1,7	3	0,6	102	21,4
Toplam	476	100,0	476	100,0	476	100,0	476	100,0

5. SONUÇ ve ÖNERİLER

Türkiye genelinde yapılan bu araştırmada, çayın Türk halkı için önemli bir içecek olduğu bilimsel olarak ortaya konulmuştur. Araştırmanın öne çıkan sonuçlarına göre tüketicilerin % 77,1'i her gün siyah çay içmektedir. Araştırma kapsamındaki tüketicilerin %

56,5'i günde 1 ile 5 çay bardağı arasında, % 30,3'ü ise 6 ile 10 bardak arasında çay tüketmektedir. Araştırma kapsamındaki tüketiciler, en çok Çaykur marka çay tercih etmektedirler. Tüketicilerin % 83,6'sı demleme yöntemi ile demlenen çay tüketmeyi tercih etmektedir. Araştırma kapsamındaki tüketicilerin % 60,5'i çaylarını şekersiz tercih ederken, % 30,5'i şeker ilave etmektedir. Çay tüketimde mevsimin çok önemli olduğu, kış ve sonbahar gibi soğuk mevsimlerde çay tüketimin fazlayken yaz ve ilkbahar gibi mevsimlerde çay tüketiminin azaldığı anlaşılmıştır. Türk halkını dörtte üçününün kahvaltıda kesinlikle çay içtiğini vurgulamıştır. Araştırmaya katılanların yüksek bir çoğunluğu çayı marketlerden temin etmektedir. Tüketiciler açısından önemli kriterler sırasıyla tat ve marka olarak belirlenmiştir. Elde edilen verilerden yola çıkarak, çay neredeyse her gün pek çok insan tarafından sıklıkla tüketilen bir içecektir. Halka ulaşabilmek adına da önemli bir araç olduğu görülmektedir. Bu nedenle kamu yararına düzenlenecek etkinliklerde çay ikramının yapılması, halkın ilgisini çekmekte ve katılımı artırmada faydalı olabilecektir.

KAYNAKÇA

Alikılıç D., (2016). Çay'ın Karadeniz Bölgesi için Önemi ve Tarihi Seyri. Karadeniz İncelemeleri Dergisi, (21): 269-280.

Cengiz, S., & Okan, Y. T. (2021). Tüketicilerin İthal Çay Tüketim Tercihlerinin Belirlenmesi: Güneydoğu Anadolu Bölgesi Örneği. Güncel Pazarlama Yaklaşımları Ve Araştırmaları Dergisi, 2(2), 84-97. https://doi.org/10.54439/gupayad.989617

Çalışır, G., Türkal, İ., Türten, B., Kütükoğlu, E., et al. (2019). Çay İçme Kültürünün Kişilerarası İletişime Katkısı. Mavi Atlas, 7(2), 54-87. https://doi.org/10.18795/gumusmaviatlas.586232

Dünya Bankası, (2021). https://www.worldbank.org/tr/country/turkey

FAO, 2019. http://www.fao.org/home/en/

Kılıç O., Gündüz O., Aydın Eryılmaz G., Emir M., (2012). Çay Tüketiminde Tüketici Davranışlarının Belirlenmesi: Samsun İli Örneği. HR.Ü.Z.F. Dergisi (Harran Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi), 16(4): 19-25.

Kılıç, O., Gündüz, O., Eryılmaz, G., Emir, M. (2014). Çat Tüketici Davranışlarının Belirlenmesi: Samsun İli Örneği. Harran Tarım Ve Gıda Bilimleri Dergisi, 16(4), 19-

25.

Tandoğan, H. S., & Zencir Çiftçi, E. (2024). Gençlerin Çay Tüketim Tercih Motivasyonları: Anadolu Üniversitesi Örneği. Anadolu Üniversitesi Mesleki Eğitim Ve Uygulama Dergisi, 2(2), 20-35.

Önçırak M., (2019). Çay Sektörü ve Türkiye Ekonomisi. Yüksek Lisans Tezi. Bursa Uludağ Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü İktisat Anabilim Dalı İktisat Bilim Dalı. Bursa.

Öztürk D., (2019). Çay Sektöründe Yeni Ürün Geliştirilmesine Yönelik Tüketicilerin Satın Alma Davranışlarının İncelenmesi: Samsun İlinde Bir Uygulama. SETSCI Conference Proceedings, 4(8), 152-158.

Saklı A.R., (2019). Türk Çay Sektöründe Yasal Gelişim ve 1984 Serbestleşmesi. Eskişehir Osmangazi Üniversitesi İİBF Dergisi, 14(2): 511-534.

Sayılı M., Gözener B., (2013). Trabzon İli Of İlçesinde Ailelerin Çay Tüketim Durumu ve Alışkanlıkları. Gıda Teknolojileri Elektronik Dergisi, 8(2): 1-7.

STATISTICA, (2021). https://www.statista.com/

TÜİK, (2020). https://www.tuik.gov.tr/

TÜİK, (2021). https://www.tuik.gov.tr/

Uzundumlu A.S., Karayar S., Kurtoğlu S., Ertek N., (2019). Çay Üretiminde Üretici Geliri ve Verimi Artırmaya Yönelik Bir Araştırma: Artvin İli Örneği. Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi, 6(3): 363-371.

Yılmaz S., (2019). Çay Üretiminin Ekonomik Analizi: Rize İli Kalkandere İlçesi Örneği. Yüksek Lisans Tezi. Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarım Ekonomisi Anabilim Dalı. Tekirdağ.

Yıldız, S., & Koçan, M. (2021). Tüketicilerin Marka İmajı ve Marka Sadakati Algılarını Etkileyen Faktörler: Çay Tüketicileri Üzerine Bir Uygulama. Gümüşhane Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi, 12(1), 59-69. https://doi.org/10.36362/gumus.818053

Yıldız Telatar G., (2019). Siyah Çay Tüketim Sıklığının Ağız ve Diş Sağlığına Etkisi. Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Restoratif Diş Tedavisi Anabilim

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

Dalı. Rize.

Türkiye Çay Değerlendirme Raporu, 2020. Erişim Linki: https://www.tarimorman.gov.tr/, Erişim Tarihi: 10.05.2021

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

İRAN'IN KUZEY BÖLGESİNDE İKLİM KRİZİNİN ZAMANSAL/MEKÂNSAL ANALİZİ

Sahar RAVESHI

Atatürk Üniversitesi

sraveshi94@gmail.com - 0009-0001-7680-4115

Prof. Dr. Hanefi BAYRAKTAR

Atatürk Üniversitesi

hanefib@atauni.edu.tr - 0000-0002-4729-5593

ÖZET

Sanayi devrimi ile birlikte dünya ciddi çevre sorunlarıyla yüz yüzedir. Bu sorunların en güncel ve en büyüğü ise Hava Kirliliğine bağlı tetiklenen İklim Krizidir. Son 100 yılda dünyamız artan CO_2 ve diğer sera gazları sebebiyle ortalama 2^oC ye yakın ısınmış ve bu süreç halen devam etmektedir. Bu amaçla literatürde dünyanın değişik alanlarında İklim krizi ile ilgili çeşitli bilimsel çalışmalar yapılmakta ve yayınlanmaktadır. Literatürde yapılan bazı çalışmalarda çeşitli meteorolojik parametrelerin (sıcaklık, yağış vb.) alansal ve zamansal değişimleri incelenmekte ve elde edilen bulgular ışığında sonuçlar irdelenmektedir. Zamansal değişim çalışmalarında, meteorolojik parametrelere çeşitli trend analizi (Mann-Kendall Testi, Şen'in Eğim Tahmin Yöntemi vb.) yöntemleri uygulanarak iklim krizi probleminin geçmişi, bugünü ve geleceği hakkında çeşitli sonuçlara ulaşılmaktadır Diğer yandan, çeşitli meteorolojik parametrelerin alansal değişimlerinin belirlenmesinde ise literatürde çeşitli jeoistatistiksel yöntemler (Kriging, Bayes Tahmini, Sonlu Farklar Yöntemi vb.) uygulanmaktadır

Bu çalışmada literatürde ilk kez Jeoistatistiksel analiz temelli Kriging yaklaşımınca bir bölgede herhangi bir parametrenin (yıllık ortalama sıcaklık) mekânsal ve zamansal ortalama değişimi dikkate alınarak izlenen olayın (iklim krizi) zamansal/mekânsal değişimi irdelenmiştir. Bu amaçla İran'ın kuzey bölgesinde bulunan üç ilin (Golestan, Mazenderan ve Gilan) meteorolojik parametrelerinden, 1995, 2005, 2015 ve 2023 yıllarına ait olan yılık ortalama sıcaklık kontürlerinin mekansal dağılımı Kriging yöntemi-ArcGis yazılımı kullanılarak analiz edilmiştir.

Elde edilen bulgular ışığında yıllık ortalama sıcaklık kontürlerinin İran'ın Kuzey bölgesinde yıldan yıla çalışma bölgesinin Kuzey-Batı taraflarına doğru kaydığını göstermekte ve gelecek yıllarda bu bölgenin daha da ısınacağına işaret etmektedir.

Anahtar Kelimeler : İklim Krizi, Jeoistatistik, Zamansal/mekânsal Analiz, Meteorolojik parametre, İran

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

SPATIAL/TEMPORAL ANALYSIS OF CLIMATE CRISIS IN NORTHERN IRAN

ABSTRACT

With the industrial revolution, the world is faced with serious environmental problems. The most recent and biggest of these problems is the Climate Crisis triggered by Air Pollution. In the last 100 years, our world has warmed by an average of 2oC due to increasing CO2 and other greenhouse gases, and this process is still ongoing. For this purpose, various scientific studies are being conducted and published in the literature in different parts of the world regarding the Climate Crisis. In some studies conducted in the literature, spatial and temporal changes of various meteorological parameters (temperature, precipitation, etc.) are examined and the results are examined in the light of the findings obtained. In temporal change studies, various trend analysis methods (Mann-Kendall Test, Şen's Slope Estimation Method etc.) are applied to meteorological parameters to reach various conclusions about the past, present and future of the climate crisis problem. On the other hand, various geostatistical methods (Kriging, Bayesian Estimation, Finite Difference Method etc.) are applied in the literature to determine the areal changes of various meteorological parameters.

In this study, for the first time in the literature, the temporal/spatial change of the event (climate crisis) monitored by considering the spatial and temporal average change of any parameter (annual average temperature) in a region by the geostatistical analysis-based Kriging approach was examined. For this purpose, the spatial distribution of annual average temperature contours of meteorological parameters of three provinces (Golestan, Mazandaran and Gilan) located in the northern part of Iran for the years 1995, 2005, 2015 and 2023 were analyzed using the Kriging method-ArcGis software.

In the light of the findings, it is shown that the annual average temperature contours in the northern part of Iran are shifting towards the north-west of the study area from year to year and this region will warm up even more in the coming years.

Keywords : Climate Crisis, Geostatistics, Temporal/spatial Analysis, Meteorological Parameter, Iran

1. Giriş

Günümüzde sanayi ve nüfüs artmasıyle birlikte meydana gelen küresel ısınma ve sonucu olan iklim ve iklim değişikliği ciddi bir şekilde çevreyi, su kaynaklarnı ve gıda güvenliğini etkilemektedir (Tavangar vd 2019). Küresel ısınma sanayi devriminden itibaren fosil yakıt kullanımın ve dolayısıyla atmosferdeki sera gazlarının ve özellikle CO_2 miktarının artmasıyla meydana gelmiştir (Edemen vd 2023). Yayınlanan raporlara göre küresel sıcaklığın 1,5 °C artması dünya çapında (kuzey Afrika ve Güney Avrupa vs) yeraltı su kaynaklarının ve aynı zamanda Akdeniz bölgesinde de yağışların ciddi şekilde azalmasına sebebiyet verecektir (IPCC 6).

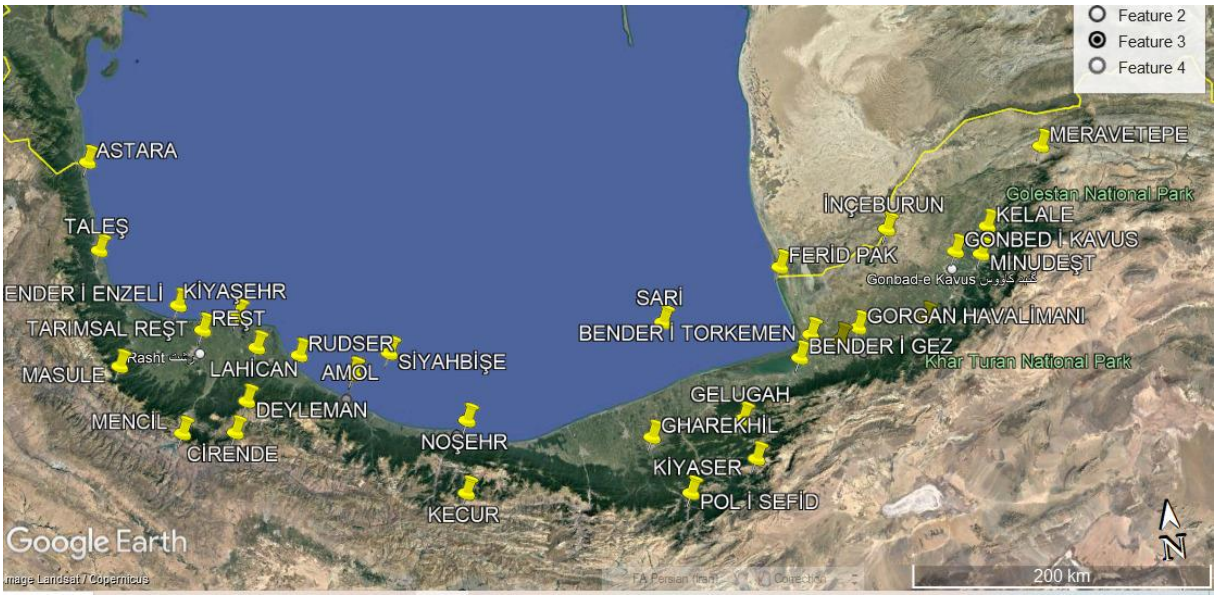
ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

Literatürde çeşitli meteorolojik parametrelerin zamansal trendini geçmişten ta günümüze kadar değişimi, farklı yöntemler kullanarak izlenmiştir. Hidro-Meteorolojik parametrelerin zaman serisinde trendi olup olmadığını belirlemek için parametrik ve parametrik olmayan yöntemler literatürde bulunmaktadır. Bu yöntemlerden birisi Mann-Kendall trend analiz testidir. Parametrik olmayan testler; normal dağılıma sahip olmayan veri setlerine uygulanmaktadır (Kousari vd 2013).

Diğer yandan, literatürde meteorolojik verilerin alanda veya herhangi bir havzada mekansal dağılımını incelemek için jeoisttstiksel yaklaşımlar kullanılmaktadır. Bu yöntemlerden biri, Krigin based approach yöntemidir ki interpolasyon yoluyla değeri belli olmayan verileri hesaplamaktadır. İnterpolasyon kendi içinde iki gruba ayrılmakta olup Jeoistatistiksel ve Deterministik yöntemler olarak gruplandırılmaktadır (https://srs-gis.ir/interpolation-methods-in-gis/).

Bu çalışmada ilk kez İran'ın kuzey bölgesinde bulunan üç ilin (Gilan, Mazenderan ve Golestan), 1995, 2005, 2015 ve 2023 yıllık ortalama sıcaklığın yıldan yıla mekansal dağılımı izlendi. Çalışma alanı konum olarak yaklaşık 36 ile 38 kuzey enlem ve 49 ile 56 doğu boylamında yer almaktadır Şekil 1). Bu alan aynı zamanda Alborz sıradağları ve Hazar denizi kıyı şeridinde uzanmaktadır (Baghideh vd 2019). Bu çalışmada meteorolojik veriler https://power.larc.nasa.gov/data-access-viewer/ web sitesinden alınmıştır. Çalışmada istasyonların günlük ortalama sıcaklık verilerin her yıl için hesaplanıp dağılımları izlenmiştir. Bu dağılımları haritalamak için öncelikle Arcgis (10.8.1 versiyonu) programında çalışma alanın dijitalleştirilmiş haritası yüklenip onun üzerine istasyonların koordinatları ve 1995, 2005, 2015 ve 2023 yıllarına ait olan günlük ortalama sıcaklık ortalamasından oluşan veri dosyası (CSV) yüklenmiştir. İstasyonların konumu belirlendikten sonra interpolasyon metodlardan biri olarak Ordinary Kriging ve semivariyogram modellerinden ise Spherical modeli kullanılmıştır. Kontür çizimlerinde renk tonları, minimum ve maksimum sıcaklık arasındaki farka bakarak yaklaşık 1°C aralıklarla belirlenmiş ve en son bölgenin yıllık ortalama sıcaklık kontörü farklı bir renk (Turkuaz rengi) ile renklendirilmiştir.

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



Görsel 1. İlgili istasyonların konumu (Anonym)

2. Materyal ve Metod

Bu çalışmada meteorolojik verilerin mekansal dağılımını kestirmek için jeoistatistik yöntemlerden olan Ordinary Kriging kullanılmıştır. Kriging yöntemi madencilik mühendisi Daniel Krig tarafından ortaya çıkan bir yaklaşım ki mekansal interpolsayon ile maden cevheri dağılımının arasındaki ilişki üzerine çalışmaktadır **(**Doğan 2019**)**. Bu yöntem bilgisel değişkenler ve variogram fonksiyonunu esas alark ilk defa güney Afrika maden yataklarında 1951 yıllarında Krig tarafından uygulanmıştır (Baltacı 2007). Ordinary Kriging yöntemi; oldukça güvenilir olması, veri setine sabit varyans varsayması ve kriking ağırlıklarının ortalaması bire eşit olması (Kasa 2021) açısından tercih edilmişteir.

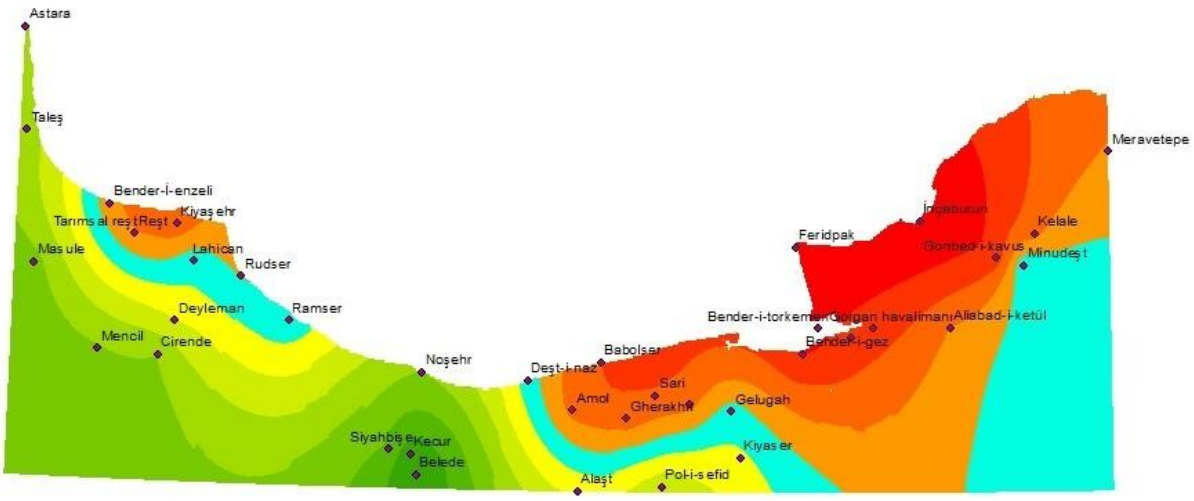
Trend analizi ile ilgili İran'da yapılmış çeşitli bilimsel çalışmalar bulunmaktadır. Şarifi vd (2020), İran genelinde bulunan 47 synoptic istasyona ait 66 yıllık (1951-2017) verileri üzerine trend eğimini belirlemek için Linear Regression kullanmışlar ve sonuç olarak yağış veri serisine azalan trend, sıcaklık verilerine ise artan trend belirlemişlerdir. Diğer bir çalışmada, İran'da 50 yıllık (1961-2019) maksimum yağış verilerinin zamansal ve mekansal analizleri sonucunda ülkenin güney taraflarında artan trend ve kuzey taraflarında özellikle Hazar denizi şeridinde azalan trendi elde etmişlerdir. Bu çalışmada verileri 5 seriye ayırıp ArcGis ve Matlab yazılımları kullanılmış (Dargahiyan vd 2021). Fathi vd 1995-2019 yılları arasında İran'ın iklim sınıflandırmasının mekânsal/zamansal analizini yağış ve sıcaklık parametrelerin üzerine De martonne, Kriging ve Mann-Kendall yöntemi ile geçmiş çalışmaları da dikkate alarak çalışmışlar ve İran'ın 6 farklı iklime sahip olması sonucuna varmışlardır. Diğer yandan kurak ve yarı kurak iklime sahip bölgelerin eskilere göre daha da artmasını ve Mann-Kendall testin sonucunda çalışma alanında 8 istasyonda azalış ve 7sinde ise artış olduğunu belirlemişlerdir. 2021 yılında yapılan başka bir çalışmaya göre, mevsimsel ve yıllık trend analizi sonucu İran'ın genelinde bulunan 47 istasyonda yaklaşık %83 artan trend gösterirken kalan %17si azalan tren

göstermiştir. Bu çalışmada Mann-Kendall trend testi, Senin eğim tahmini ve Linear Regression yöntemlerini kullanılmıştır. Analiz edilen veriler çalışma alanında 1960-2019 yıllarına aittir (Mehdi ve Mokhtar, 2021).

3. SONUÇLAR VE DEĞERLENDİRME

Bu çalışma İran'ın kuzey bölgesinde bulunan Gilan, Mazenderan ve Golestan illerinde bullunan meteorolojik istasyonların günlük sıcaklık ortalaması üzerine yapıldı. 1995, 2005, 2015 ve 2023 yıllarına ait günlüuk ortalama sıcaklık Nasa Power websitesi, POWER Projesi'nin Hourly 2.4.3 versiyonundan 2024/10/08 tarihinde indirilmiştir. Elde edilen verilerin yıllık ortalaması hesaplanıp kontürler ArcGis (10.8.1 versiyonu) yazılımınca çizildi. Çizilen haritada her kontür (her renk tonu) yaklaşık 1°C sıcaklığı göstermektedir. Bunlara ilaveten, bölgenin yıllık sıcaklık ortalamasını izlemek için tekrar bölgenin tamamı için bir ortalama hesaplandı ve kontürü farklı renk ile çizildi (Turkuaz renkli kontür). Böylece çalışma alanında ortalama sıcaklık kontürünün yıldan yıla değişimi irdelendi. Kontürün yıldan yıla bir tarafa kayması o bölgenin sıcaklığının daha çok artması anlamına gelirken, sabit kalması da bölgede sıcaklığın, ya hiç değişmemesi veya homojen değişmesi anlamına gelmektedir.

Elde edilen sonuçlara göre, 1995 yılında sıcaklık yoğunluğu kuzey doğu istasyonlarında yani İnçeburun, Feridpak, Bender-i-torkemen ve Bender-i-gez istasyonlarında görülmektedir. İstasyonlardan Gonbed-i-kavus, Gorgan havalimanı, Haşemabad-i-gorgan, ve Babolser ikinci derece sıcaklıkta görülmektedir. Üçüncü tonda ise Kelale, Aliabad-i-ketül, Sari, Gherakhil, Amol ve Kiyaser üçüncü en sıcak istasyonları göstermektedir. Ayrıca, Bölgenin yıllık ortalama sıcaklıkğı bölgenin güney doğu tarafında daha çok artmasını göstermektedir. Görsel 2'ye göre doğu taraftaki istasyonlarından Minudeşt, Gelugah ve Deşt-i-naz'da ve kuzey batı tarftaki istasyonlardan, Ramser, Rudser ve Lahican istasyonlarında sıcaklık miktarı artmıştır.

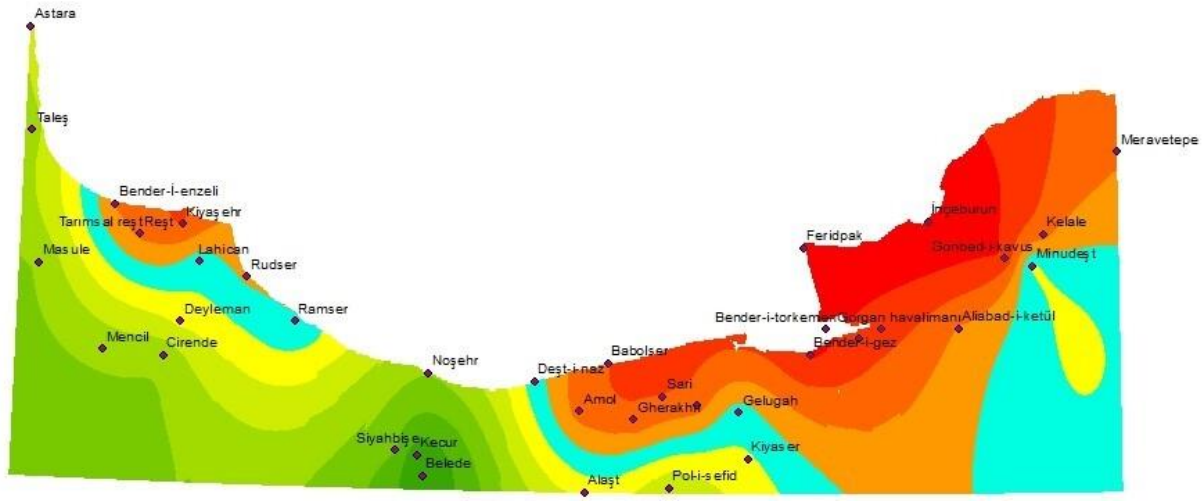


Görsel 16. 1995 yılında bölgenin yıllık ortalama sıcaklık dağılımı

2005 yılında İnçeburun, Feridpak, Bender-i-torkemen ve Bender-i-gez kuzey doğu tarafta bölgenin en sıcak istasyonlarından olarak görüntülendi. İkinci derece sıcaklıkta gelen

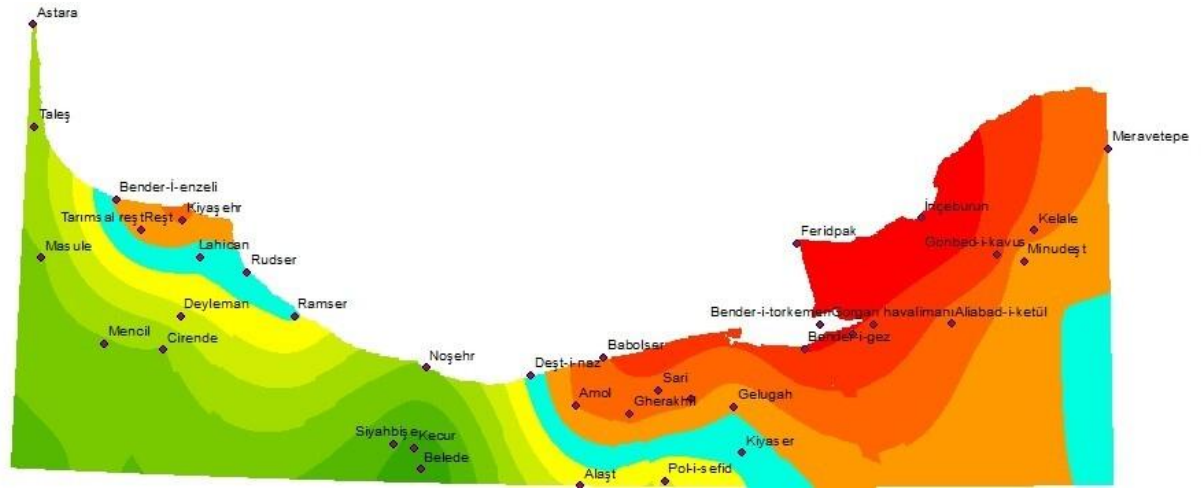
ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

istasyonlar Gonbed-i-kavus, Gorgan havalimanı ve Haşemabad-i-gorgan ve Kiyaşehr olarak gelmektedir. Üçüncü grubta Meravetepe, Kelale, Aliabad-i-ketül , Sari, Gherakhil, Amol, Babolser, Bender-i-enzeli, Reşt ve Tarımsal reşt gelmektidr. Bu yılda bölgenin ortatalama sıcaklığı Görsel 3'de görüldüğü gibi doğudan batıya sırasıyla Minudeşt, Gelugah, Deşt-i-naz, Ramser ve Lahican istasyonlarından geçiyor. Bu yılda bölgenin ortalama sıaklığı diğer yıllara göre kuzey batıya doğru kayması görülmektedir.



Görsel 3. 2005 yılında bölgenin yıllık ortalama sıcaklık dağılımı

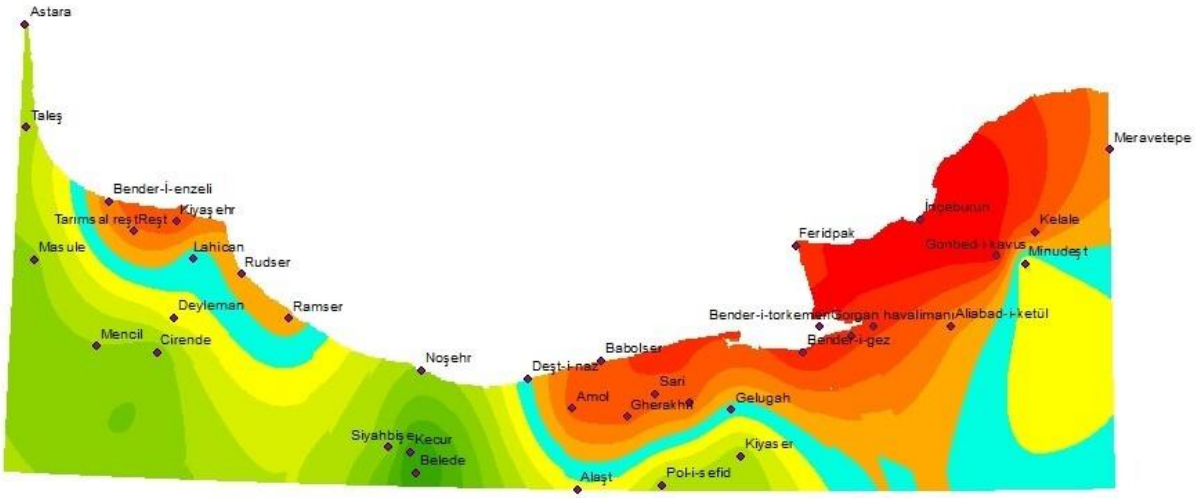
2015 yılında çizilen kontürlere göre (Görsel 4) İnçeburun, Feridpak, Bender-i-torkemen ve Bender-i-gez istasyonları en sıcak istasyonlar olarak görüldü. Sonraki ikinci derece sıcaklıkta gelen istasyonlar doğudan batıya doğru sırasıyla Gonbed-i-kavus, Haşemabad-i-gorgan, Gorgan havalimanı istasyonları olarak görüldü. Üçüncü sıcak istasyonlar Kelale, Aliabad-i-ketül, Sari, Bender-i-emirabad, Gherakhil, Babolser ve Kiyaşehr olarak görülmüştür. Bu yılda bölgenin yıllık ortalama sıcaklık kontürü kısmen bölgenin guney doğu tarafı, Kiyaser, Deşt-i-naz ve kuzey batı tarafında ise Ramser, Rudser ve Lahican istasyonlarından geçmektedir.



Görsel 4. 2015 yılında bölgenin yıllık ortalama sıcaklığı

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

2023 yılı için çizilen kontürler (Görsel 5) bölgenin en sıcak istasyonu olarak İnçeburun ve Gonbed-i-kavus istasyonlarını göstermiştir. İkinci sıcak istasyonlar grubunda Haşemabad-i-gorgan, Gorgan havalimanı, ve Bender-i-gez ve Feridpak istasyonları bulunmaktadır. Üçüncu grupta Kelale, Sari, Gherakhil, Amol, Babolser ve Kiyaşehr istasyonları görüntülenmektedir. Bu yılda bölgenin yıllık ortalama sıcaklık kontürü doğu tarafta kısmen ve Gelugah, Deşt-i-naz, ve Lahican istasyonlarından geçmektedir.



Görsel 5. 2023 yılında bölgenin yıllık ortalama sıcaklığı

4. GENEL DEĞERLENDİRME VE SONUÇLAR

Sonuç olarak yapılan 30 yıllık mekansal analizlere göre, yıllık ortalama sıcaklık kontürü 1994 yılından 2023 yılına kadar genel olarak kuzey batı yönünde kayması görüldü ve bunun yanı sıra 2005 ve 2015 yıllarında bölgenin yıllık ortalama sıcaklık kontürü hemen hemen aynı kalmış olarak gözlendi. Dünyanın her yeri küresel ısınmadan etkilendiği gibi bölgenin bu mekansal ortalama kontür kaymasını da küresel ısınmaya bağlayabiliriz ve gelecekte bölgenin kuzey batı tarafının daha da çok ısınacağını tahminleyebiliriz

KAYNAKÇA

Tavangar, sh. and Moradi, H. and Massah Bavani, A., Climate change effect on the rainfall amount and intensity in the southern coast of the Caspian Sea. Scientific Research Journal of Irrigation and Water Engineering of Iran,16.10.2019

Kousari, M., Ahani, H., Hendi-zadeh, R.,Temporal and spatial trend detection of maximum air temperature in Iran during 1960–2005,Global and Planetary Change, 24,08,2013.

Dargahian, F., Doustkamian, M., Sadeghi, M., Temporal and Spatial Variations of Extreme Precipitation in Iran during Different Periods and Its Association with Global Warming. Water Resources Engineering Journal. 15,09,2020.

Fathi Taperasht, A., Shafizadeh Moghadam, H., Kouchakzadeh , M., Spatio-temporal analysis of Iran's climatic classification based on Domarten method and Mann-Kendall test in the statistical period of 1995-2019. Environmental Sciences, 27,12,2021.

Asadi, M., Karami, M., Modeling of relative humidity trends in Iran. Model. Earth Syst. Environ, remote sensing, 31,05, 2022.

Baaghideh, M., Dadashi-Roudbari, A., Beiranvand, F., Analysis of precipitation variation in the northern strip of Iran. Journal of Modeling Earth Systems and Environment, 16,12,2019.

Baltacı, A., Jeoistatistiksel Kestirimde Lokal Belirsizliğin Değerlendirilmesinde Alternatif Yaklaşımlar, Doktora Tezi, Hacettepe Üniversitesi, Fen Bilimeri Enstitüsü, Ankara, 2007.

Doğan, N., Geoistatistical Analysis of Bathing Water Qulaity in Turkey, Orta Doğu Üniversitesi, Çevre Mühendisliği Enstitüsü, 2019.

Kerem Kasa, F., 2021. Kaynak/Rezerv Raporlama Aşamalarının Ekonomik ve Jeoistatistiksel Yöntemlere Analizi. Doktora Tezi, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana, 2021.

Edemen, M., Engin, V., Bounukara, E., Narin, E.,Yalçın, M., Küçükilhan, H., Kuş, H., Tutar, M., Kavlak, A., Küresel ısınma, Küresel ısınmanın nedenleri ve Sonuçları Dünya ve Türkiye Üzerine Olası Etkileri, International Journal of Social and Humanities Sciences Research, 31,01,2023.

IPCC, 2022: Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [H.-O. Pörtner, D.C. Roberts, M. Tignor, E.S. Poloczanska, K. Mintenbeck, A. Alegría, M. Craig, S. Langsdorf, S. Löschke, V. Möller, A. Okem, B. Rama (eds.)]. Cambridge University Press. Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, NY, USA, 3056 pp., doi:10.1017/9781009325844.

Fathi Taperasht, A., Shafizadeh Moghadam, H., Kouchakzadeh, M. Spatio-temporal analysis of Iran’s climatic classification based on Domarten method and Mann-Kendall test in the statistical period of 1995-2019. Environmental Sciences, 27,12,2021.

https://power.larc.nasa.gov/data-access-viewer/

https://srs-gis.ir/interpolation-methods-in-gis/

DATA SIO, NOAA, U.S. Navy, NGA, GEBCO, Image Landsat /Copernicus, Image IBCAO

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

OPTIMIZATION AND CHARACTERIZATION OF ELECTROSPUN BIOPOLYMER MATS

Yağmur CAMCI [1], Prof. Dr. Mahmut ÖZACAR [2]

[1] Sakarya University, Biomedical Engineering, Institute of Natural Sciences,

yagmur.camci@ogr.sakarya.edu.tr - 0000-0002-0344-4227

[2] Sakarya University, Faculty of Science, Department of Chemistry, mozacar@sakarya.edu.tr - 0000-0002-1783-7275

ABSTRACT

The research involves the production of composite biopolymer electrospun mats using the electrospinning technique, enabling nanoscale production. Electrospinning production parameters were discussed in detail, chemical and physical characterizations of electrospun mats were performed, and nanofiber diameters were determined.

Key Words: Electrospinning, Nanofibers, Biopolymer

1. INTRODUCTION

Electrospinning is an electrohydrodynamic process that involves the movement of a via the impact of an electrostatic field [1]. During electrospinning, an increase in voltage causes the drop at the syringe tip to generate a triangular structure known as the Taylor Cone, with the fiber drawing out as the power increases. The fiber pulls out of the polymer solution, it passes into the Whipping instability region [2]. Here, the fiber is in a spinning motion. Due to the spinning motion, the solvent in the solution evaporates and dry nanofibers adhere to the collector. The factors that affect the production of nanofibers during this process are listed as follows: molecular weight and viscosity, solvent volatility, surface tension, electrical conductivity of the solution; distance between the collector and the syringe, power source, flow rate, and syringe diameter [3]. Nanoliz NL-ES 02, a closed system benchtop electrospinning device, purchased from Turkey, and optimization and characterization of nanofiber production of various biopolymers: polyvinyl alcohol (PVA), PVA/carboxymethyl cellulose (CMC), polyvinylpyrrolidone (PVP), PVP/polyethyleneimine (PEI), and polymethylmethacrylate (PMMA) were performed.

2. MATERIALS AND METHOD

2.1. Preparation of PVA Solution and Electrospinning Parameters

10% w/v PVA polymer solution was prepared by dissolving 1 g of PVA in distilled water. The solution was continuously stirred on a magnetic stirrer at 90 °C for 2 h. The prepared PVA polymer solution was filled into a 10 mL volume syringe with a 22 gauge

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

metal needle tip. The electrospinning process was performed with a distance between the metal needle and the collector of 12 cm, an applied volt of 20 kV, a feed rate of 0.5 mL/h, and a rotation speed of the collector of 250 rpm.

2.2. Preparation of PVA/CMC Solution and Electrospinning Parameters

5%wt. PVA solution and 2%wt. CMC solution were mixed in separate beakers until they dissolved in distilled water. Then, the PVA solution and CMC solution were mixed to be 10:1 by weight, respectively. 1 mL of glutaraldehyde, crosslinker, was added to the homogeneously mixed polymer solution. The electrospinning process was performed with the polymer solution filled into a syringe with a 21-gauge metal needle tip, the distance between the metal needle and the collector being 10 cm, the applied volt being 23 kV, the feed rate being 1.2 mL/h, and the rotation speed of the collector being 250 rpm.

2.3. Preparation of PVP Solution and Electrospinning Parameters

1.8 g of PVP (Mw: 360,000) was dissolved in ethanol overnight at room conditions with 500 rpm stirring. The polymer solution filled into a syringe with a 22 gauge metal needle tip produced nanofibers at different feed rates of 2 mL/h, 2.2 mL/h, 2.5 mL/h by applying 16 kV power, the distance between the metal needle and the collector was 15 cm.

2.4. Preparation of PVP/PEI Solution and Electrospinning Parameters

0.9 g PVP and 0.3 g PEI were added sequentially and dissolved in 10 mL of ethanol solvent. The prepared PVP/PEI polymer solution was filled into syringe with a 21 gauge metal needle tip. The electrospinning process was performed with a distance between the metal needle and the collector of 15 cm, an applied volt of 16 kV, a feed rate of 2.2 mL/h.

2.5. Preparation of PMMA Solution and Electrospinning Parameters

PMMA solution with a concentration of >22%wt. begins to form nanofibers. Optimum electrospun mat process was obtained with 35%wt. PMMA solution dissolved in dimethylformamide. The electrospinning process was performed with the polymer solution filled into a syringe with a 22-gauge metal needle tip, the distance between the metal needle and the collector being 18 cm, the applied volt being 15 kV, the feed rate being 4 mL/h, and as in all other processes the rotation speed of the collector being 250 rpm.

3. RESULTS

The electrospun mats, whose production process was optimized, were dried in the oven at 40 degrees for 24-48 hours. Then, they were stored in selaed containers. Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR) characterization was performed to determine the chemical structure of the biopolymer electrospun mats. In addition, the produced nanofibers were viewed with Scanning Electron Microscope (SEM). SEM images were examined with ImageJ software

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

and the diameters of the nanofibers were determined. The production parameters of biopolymer mats are given in Chart 1.

Chart 1. Production parameters of biopolymer mats.

Polymer	***Concentration***	***Solvent***	***Distance***	***kV***	***Feed rate***
PVA	10% wt.	Distilled water	12 cm	20 kV	0.5 mL/h
PVA/CMC	PVA solution/CMC solution (10:1)	Distilled water	10 cm	23 kV	1.2 mL/h
PVP	%12.	Ethanol	15 cm	16 kV	2 - 2.5 mL/h
PVP/PEI	PVP/PEI (3:1)	Ethanol	15 cm	16 kV	2.2 mL/h
PMMA	35%wt.	Dimethylformamide	18 cm	15 kV	4 mL/h

4. DISCUSSION

The optimization of the production of polymers frequently used in the biomedical field with the Nanoliz NL-ES 02 device was successfully carried out with the electrospinning technique, which has various parameters such as applied power, production distance, and production speed. The chemical and physical structure of the electrospun mat was examined with FTIR and SEM analyses. The electrospun mats were produced that have the potential to be used in various applications in tissue engineering and biomedical fields.

ACKNOWLEDGMENTS

This work was supported by the Scientific Research Projects Commission of Sakarya University (Project Numbers: 2024-26-62-31).

REFERENCES

[1] Ghosal, K., Agatemor, C., Tucker, N., Kny, E. & Thomas, S. Electrical Spinning to Electrospinning: a Brief History, RSC Soft Matter, August, 1–23, 2018.

[2] Ahmadi Bonakdar, M. & Rodrigue, D. Electrospinning: Processes, Structures, and Materials, Macromol, February, 4,1, 58-103, 2024.

[3] Suresh, S., Becker, A. & Glasmacher, B. Impact of Apparatus Orientation and Gravity in Electrospinning—A Review of Empirical Evidence, Polymers, October, 12, 11, 2448, 2020.

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

RSM FOR OPTIMIZATION OF CIP ADSORPTION WITH MENENGİÇ (PİSTACİA TEREBİNTHUS) COFFEE WASTE

Muhammed KARABULUT*

Kocaeli University/Department of Chemistry, Faculty of Art and Science, Kocaeli, TURKEY

muhammedd.ahmett@gmail.com - ORCID ID: 0000-0003-0533-0765

Deniz BİNGÖL

Kocaeli University/Department of Chemistry, Faculty of Art and Science, Kocaeli, TURKEY

deniz.bingol@kocaeli.edu.tr- ORCID ID: 0000-0002-9396-2422

Seda KARAYÜNLÜ BOZBAŞ

Kocaeli University/Department of Chemistry, Faculty of Art and Science, Kocaeli, TURKEY

sedak@ kocaeli.edu.tr - ORCID ID: 0000-0002-5177-3826

ABSTRACT

In this study, the potential of Menengiç (Pistacia terebinthus) coffee waste, which has gained attention in recent years due to its increasing consumption and positive health effects, was investigated as a sustainable adsorbent for combating environmental pollution. The primary objective of this study was to assess the effectiveness of Menengiç coffee waste in removing Ciprofloxacin (CIP), an antibiotic, from aqueous solutions. Antibiotics, due to their resistance to biodegradation, especially in aquatic environments, are significant environmental pollutants. In this context, the use of natural, cost-effective, and environmentally friendly adsorbents such as Menengiç coffee waste provides an important solution for sustainable waste management and the protection of water resources.

The adsorption process's ability to remove CIP (Ciprofloxacin) was examined in relation to pH, CIP concentration, and waste coffee amount. Response surface methodology (RSM) was used to optimize the adsorption process. RSM was used in the experiments to assess the impact of pH (2–8), CIP concentration (5-50 mg L^{-1}), and waste coffee amount (0.050-0.500 g) on CIP removal. It was determined which model best captured the relationship between the independent and dependent variables. The optimum CIP removal percentage of 62.3 % was obtained at pH 7, CIP concentration of 35 mg L^{-1} and adsorbent amount of 0.450 g.

Keywords: Adsorption, CIP, Coffee Waste, RSM

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

1. INTRODUCTION

In recent years, the contamination of water sources with antibiotics has become a significant source of environmental pollution. Antibiotics from household waste that enter water systems create toxic effects, particularly on microorganisms, threatening the balance of ecosystems. Furthermore, these pollutants have long-term effects on human health; waterborne antibiotics can lead to the development of antibiotic resistance in bacteria, making treatable infections harder to manage [1].

Ciprofloxacin is a broad-spectrum fluoroquinolone antibiotic frequently used to treat various health issues such as urinary tract infections and respiratory diseases. However, the accumulation of this antibiotic in water sources can harm ecosystems, particularly aquatic life forms. Moreover, the environmental presence of Ciprofloxacin accelerates the development of antibiotic-resistant bacteria, posing a significant threat to public health. Traditional water treatment methods are often insufficient in removing such pollutants, creating a need for more effective, natural, and sustainable solutions to remove antibiotics from water systems [2].

In recent years, the use of organic waste, particularly plant materials, in water treatment processes has been discovered. These natural materials offer environmentally friendly, low-cost, and effective solutions. The Menengiç (Pistacia terebinthus) plant, which is commonly grown in the southeastern regions of Turkey, is a caffeine-free plant rich in antioxidant compounds. Menengiç coffee is made from the seeds of this plant, and it is beneficial for digestive health. It also has the ability to neutralize free radicals due to its phenolic compound [3].

However, the waste from this coffee has not yet been sufficiently studied in the fields of environmental science and water treatment. Nevertheless, the fact that these wastes are rich in organic components and phenolic compounds makes them a potential adsorbent material for water treatment [4].

The literature on the use of Menengiç coffee waste, particularly for the removal of antibiotics, is quite limited. However, some studies on the use of plant-based wastes in water treatment processes demonstrate the effectiveness of such natural materials. In this study, the effectiveness of Menengiç coffee waste in removing antibiotics from aqueous solutions containing Ciprofloxacin is investigated. This research highlights a potential application for Menengiç coffee waste as an environmentally friendly solution and presents an innovative approach for sustainable water management.

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

2. EXPERIMENTAL RESEARCH

A UV-Vis spectrophotometer (T80+ UV/VIS Spectrometer, PG Instruments Ltd) was employed to identify the maximum absorption wavelength of the dyes and to measure their concentrations during the dye removal process.

All glassware was soaked in acidic washing solution at least overnight before use and then rinsed with distilled water. The distilled water used was obtained from Elga and has a conductivity of 18.2 µs.

The pH values of the solutions were determined with Hanna Instruments pH 211 Microprocessor model pH meter. pH meter was adjusted with NBS buffer solutions before each use. In adsorption processes, 0.05 M HCl and 0.05 M NaOH solutions were used to adjust the pH values of the solutions from Sigma Aldrich (Germany).

Stock CIP solutions (1000 mg/L) used in the experimental studies were prepared by taking 1000 mg of CIP and dissolving in deionized water. CIP was obtained from Aarti Drugs Ltd. CIP solutions with different initial concentrations were obtained and used by diluting the stock solutions to the desired ratio.

Initial solution pH (2-8), initial CIP concentration (5-50 mg L-1) and adsorbent amount (0.050-0.500 g) to be carried out in such a way that the study was carried out. Each study was conducted with 2 repetitions. The treatments were carried out at a temperature of 25^{o}C and a contact time of 90 minutes.

CCD-RSM is an effective and economical method for analyzing complex interactions between factors, modeling and determining optimum conditions. Therefore, it is frequently preferred for the analysis of multi-parameter systems such as adsorption processes. The identification of optimal adsorption conditions hinged on the maximization of pivotal operational parameters. ANOVA analysis was conducted to ascertain the degree of parameter effectiveness.

This study underscores the importance of Menengiç coffee waste as an economical and powerful adsorbent in the context of CIP.

Ciprofloxacin (CIP) was subjected to a UV wavelength scan. This allowed the observation of the wavelength at which maximum absorbance occurred.

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

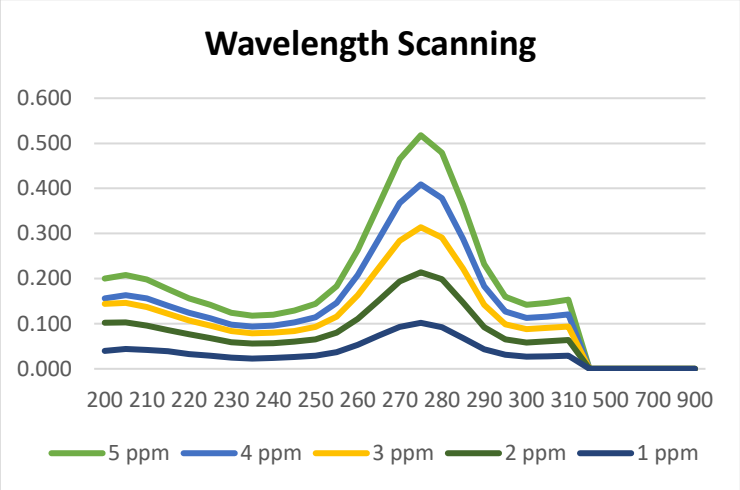


Figure 1. CIP Wavelength Scanning

The UV wavelength scan revealed that Ciprofloxacin (CIP) exhibited maximum absorbance at 275 nm.

2.1. EXPERIMENTAL DESIGN

Optimizing the experimental factors of the adsorption process is of great importance in order to achieve the highest removal efficiency of the target pollutant by the adsorbent. Because of its high sensitivity, low cost, and time requirements, response surface methodology (RSM) is widely used. The application of RSM as a practical technique has grown recently in comparison to the classical method because the latter fails to examine the impact of factor interaction on response, leading to an error in the experimental outcome. In order to identify the ideal conditions, the central composite design (CCD) approach under RSM was used to study the experiment design for the current adsorption process. Additionally, the adsorption process's experimental variables of solution pH (x_1), initial CIP concentration (x_2), and adsorbent mass (x_3) were statistically optimized and modeled using the central composite design-response surface methodology (CCD-RSM) [5].

Table 1 displays the design matrix that includes the levels and ranges of the experimental independent variables. Additionally, the dependability of the derived model was statistically assessed using analysis of variance (ANOVA). Based on the independent variables x_1, x_2, and x_3, the response (CIP removal) was predicted using a second-order polynomial regression equation (Equation 1) as follows:

$$y = \beta_0 + \sum_{i=1}^{k} \beta_i x_i + \sum_{i=1}^{k} \beta_{ii} x_1^2 + \sum_{1 \le i \le j}^{k} \beta_i x_i x_j + \varepsilon \quad (1)$$

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

The model constant, linear coefficient, quadratic coefficient, interaction coefficients, and ε random error are displayed as x_1, x_2, …., x_k, input variables that influence the predicted response (y), β_0, β_i (i = 1, 2,…., k), β_{ii} and β_{ij} (i = 1, 2,…., k; j = 1, 2,…., k), respectively [6].

Table 1. Factors and factors levels of CCD matrix

Factors	Symbol	Factors levels				
		–α (–1.682)	–1	0	+1	+α (+1.682)
*p*H	X_1	2	3	5	7	8
C_o (mg/L)	X_2	5	14	27	41	50
m (g)	X_3	0.0500	0.1412	0.2750	0.4088	0.5000

Run	Coded level			Actual level		
	X_1	X_2	X_3	*p*H	*Co* (mg/L)	*m* (g)
1	-1	-1	-1	3	14	0.1412
2	+1	-1	-1	7	14	0.1412
3	-1	+1	-1	3	41	0.1412
4	+1	+1	-1	7	41	0.1412
5	-1	-1	+1	3	14	0.4088
6	+1	-1	+1	7	14	0.4088
7	-1	+1	+1	3	41	0.4088
8	+1	+1	+1	7	41	0.4088
9	–1.68	0	0	2	27	0.2750
10	+1.68	0	0	8	27	0.2750
11	0	–1.68	0	5	5	0.2750
12	0	+1.68	0	5	50	0.2750
13	0	0	–1.68	5	27	0.0500
14	0	0	+1.68	5	27	0.5000
15-20	0	0	0	5	27	0.2750

2.2. OPTIMIZATION OF THE ADSORPTİON PROCESS

Adsorption independent variables were optimized and modeled using CCD-RSM. In addition, the significance level of each variable was evaluated using analysis of variance (ANOVA), and the results are shown in Table 2. To determine whether a result was statistically significant, P-values greater than 0.05 were hierarchically eliminated from the model. As can be seen, the standard deviation (SD) of the reduced model was a low value (0.13) and also all the R-squared (R^2) values were almost 100%, which means that the predicted values were extremely close to the actual values (response). Furthermore, there was no difference between the adjusted R-squared (Adj-R^2) and the predicted R-squared (Pred-R^2), which further proved that there was a good correlation between the actual and predicted values. The equation presented in Table 2 shows that the main variables and their interaction effects have positive effects on the adsorption process, while the squared interactions show a negative interaction.

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

Table 2. ANOVA results

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Model	9	11680.4	1297.83	34.36	0.000
Linear	3	10600.5	3533.51	93.54	0.000
*p*H	1	9864.9	9864.87	261.13	0.000
Co	1	728.3	728.26	19.28	0.000
m	1	7.4	7.40	0.20	0.661
Square	3	1014.0	337.99	8.95	0.000
*pH*pH*	1	430.0	429.97	11.38	0.002
*Co*Co*	1	654.9	654.86	17.33	0.004
m*m	**1**	0.6	0.56	0.01	**0.904**
2-Way Interaction	3	65.9	21.98	0.58	0.631
*pH*Co*	1	7.2	7.24	0.19	0.665
*pH*m*	1	19.3	19.27	0.51	0.481
*Co*m*	1	39.4	39.44	1.04	0.315
Error	30	1133.3	37.78		
Lack-of-Fit	5	1112.9	222.57	272.17	0.000
Pure Error	25	20.4	0.82		
Total	39	12813.7			

Model summary: S= 6.15 R^2= 91.16% $R^2(adj)$= 88.50% $R^2(pred)$= 81.11%

Reduced model summary: S= 0.13 R^2= 100.00% $R^2(adj)$= 99.99% $R^2(pred)$= 99.99%

Regression Equation in Coded Units:

R (%) = 41.4183 + 19.0045 *p*H + 5.1636 C_o + 0.5205 *m* - 3.8762 *p*H*pH
- 4.7804 C_o*C_o + 1.0975 *p*H*m* - 0.6725 *p*H*C_o + 1.5700 C_o* *m*

S: Standard deviation

$R^2(adj)$: Adjusted coefficient of determination

$R^2(pred)$: Predicted coefficient of determination

R^2: Coefficient of determination, S: Standard deviation

Surface plots were used to illustrate how experimental independent factors affected CIP removal efficiency (Fig. 2). These surface plots analyze the effect of interaction between two variables by adjusting one factor to the center level, revealing important information about the effect of three factors on adsorption efficiency. The effects of pH and adsorbent amount on CIP removal efficiency showed that the highest CIP adsorption efficiency occurred at about 7 pH and higher adsorbent mass. According to the effects of solution pH and CIP concentration, adsorption removal efficiency increased with increasing CIP concentrations and remained relatively constant after intermediate CIP concentration values. Moreover, about 7 pH was where the positive effect of medium CIP concentration was the largest. The effects of solution pH and adsorbent amount showed that at 7 pH, adsorbent mass had a very positive effect on increasing CIP removal efficiency. The effects of adsorbent amount and CIP concentration

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

show that CIP removal efficiency occurs at medium CIP concentrations and high adsorbent amounts. From the surface plots, it is observed that the highest CIP removal efficiency occurs when both pH and adsorbent amounts are higher and at lower CIP concentrations.

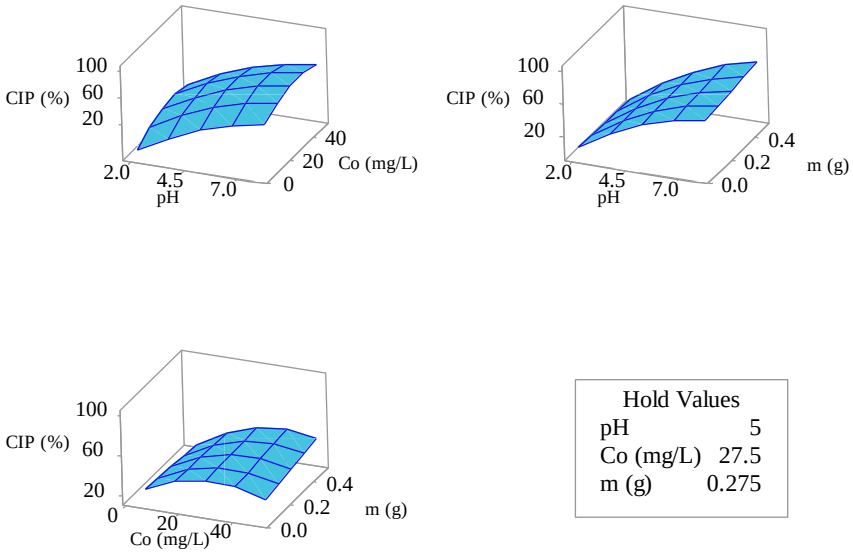


Figure 2. Surface plots for CIP removal efficiency

Determination of optimum conditions was carried out using response optimizer (Figure 3). As a result, pH 7, initial CIP concentration 35 mg L^{-1} and adsorbent amount 0.450 g were optimum conditions for maximum CIP removal efficiency from aqueous solution at 90 min contact time. Under optimum conditions, the maximum adsorption removal efficiency of CIP with coffee waste was 62.3±1.2% with standard deviation.

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

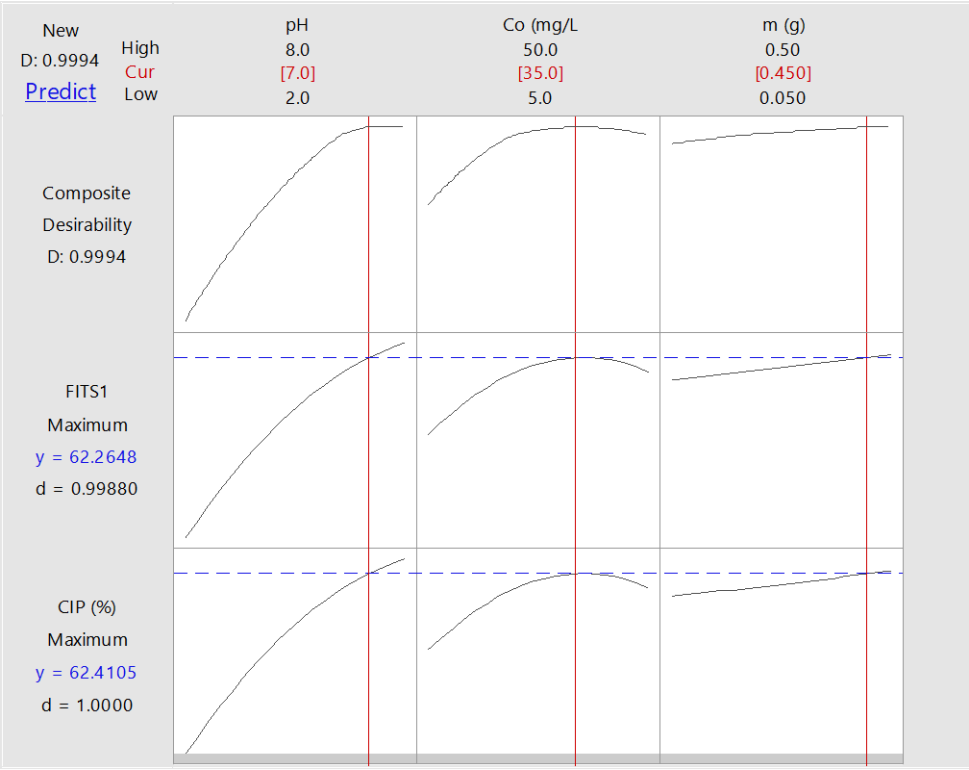


Figure 3. Optimum conditions determined using the response optimizer

3. RESULTS AND DISCUSSION

Response Surface Methodology (RSM) is a powerful technique for optimize the conditions for the adsorption-based removal of species such as dyes, heavy metals, and medications. Operating parameters including pH, CIP concentration, and waste coffee amount for CIP adsorption were determined using RSM applied utilizing central composite design (CCD). This paper presents a design experiment carried out to determine the optimum conditions for maximum removal of CIP via adsorption. The adsorption experiments of CIP were designed at 90 min contact time based on three factors: initial solution pH (2-8), initial CIP concentration (5-50 mg L^{-1}) and adsorbent amount (0.050-0.500 g). Using the experimental design matrix, experiments were carried out to find the best empirical model that proves the maximum removal efficiency for the investigated CIP. An optimum removal efficiency of 62.3 % was obtained for CIP with coffee waste for 90 min with a pH 7, initial CIP concentration of 35 mg L^{-1} and adsorbent amount of 0.450 g. Optimum operating conditions were established using surface and contour plots for each factor pair included in the model.

REFERENCES

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

1. Pramo, B., Kawaljeet K., Sagar R., Varsha S., Vinay K., Antibiotic pollution and associated antimicrobial res.istance in the environment, Journal of Hazardous Materials Letters, November, 5, 2024

2. Lei H.,, Ahmed M., E., K., Junkai W., Yu C., Faliang L., Hong C., Haijun Z., Xueyin L., Guangqiang L., Quanli J., Shaowei Z., Graphene-boron nitride composite aerogel: A high efficiency adsorbent for ciprofloxacin removal from water, Separation and Purification Technology, December, 1, 2021

3. Karabulut M., *Menengiç (Pistacia Terebinthus) Kahve Atığının Malaşit Yeşili Ve Metilen Mavisi Boya Gideriminde Kullanılmasının Araştırılması*, Yüksek Lisans Tezi, Kocaeli Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kocaeli, 2017.

4. S. K. Bozbas And T. Unugul, "The use of Turkish coffee waste as a polymeric adsorbent for methyl orange adsorption from aqueous solutions," Research On Chemıcal Intermedıates , vol.49, no.5, pp.2155-2174, 2023

5. Çetintaş, S. And Bingöl, D. 2018. Optimization of Pb(II) Biosorption with Date Palm (Phoenix Dactylifera L.) Seeds Using Response Surface Methodology. Journal Of Water Chemıstry And Technology, vol.40, 370-378.

6. Montgomery, C., D., *Design and Analysis of Experiments*, John Wiley & Sons, New York, 2008.

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

YENİ NESİL TASARIMLARLA DAHA VERİMLİ VE KALİTELİ ARI ZEHRİ ÜRETİMİ MÜMKÜN MÜDÜR?

Öğr. Gör. Dr. Uğur BEKÇİBAŞI
Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi/ Bilişim Sistemleri Mühendisliği
ugur@mu.edu.tr - 0000-0002-0766-2512

Göktürk Alperen AYTEKİN
Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Zootekni Ana Bilim Dalı
aytekingaa@gmail.com - 0009-0005-5288-1051

Doç. Dr. Rahşan İvgin TUNCA
Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi, Ula Ali Koçman Meslek Yüksek Okulu, Bitkisel Ve Hayvansal Üretim Bölümü,
rahsantunca@mu.edu.tr - 0000-0003-0745-6732

ÖZET

Arıcılık faaliyeti ve bu faaliyetler sonrasında elde edilen ürünler sayesinde ülkelerin ekonomisi, canlı sağlığı ve floral sistemin sürdürebilirliğinde önemli bir yere sahiptir. Günümüzde arılardan elde edilen ürünler, apiterapi olarak insan ve diğer canlıların sağlıklarının iyileştirilmesinde kullanılmaktadır. Apiterapi uygulamaları özelinde ise arı zehrinin farklı ve özel bir yere sahip olduğunu söylemek mümkündür. Apotoksin olarak adlandırılan arı zehri, bal arılarının koloni savunmasında kullanmak amacıyla karın boşluklarında bulunan zehir bezlerinden salgılayarak, iğneleri kanalıyla düşmanlarına enjekte edene kadar zehir keselerinde depoladıkları; peptid ve protein ağırlıklı bir üründür. Taze arı zehri, sarımsı, yarı şeffaf bir sıvı olup, kendine özgü bir kokuya ve yapıya sahiptir. Son derece zengin bir kimyasal içeriği sahip olan arı zehri, sağlık ve kozmetik alanında kullanılmaktadır. Kullanım amacı nedeniyle arı zehri doğru kalite standartlarında, hassas ve dikkatli bir şekilde toplamak oldukça önemlidir. Bu nedenle istenilen kalitede zehir kalitesini ve zehir üretim miktarını etkileyen faktörler konusunda farklı çalışmalar bulunmaktadır. Yapılan çalışmalarda arı zehri sağım cihazlarının kovandaki konumu, hasat saati ve periyodu, arı ırkı, mevsimsel etkiler ve zehir sağım paterninin, arı zehri üretim miktarına etkisinin yanında; elde edilen zehrin depolama koşullarının da zehir kalitesine etkisi olduğu görülmüştür. Yapılan çalışma ile daha verimli bir sağım uygulaması geliştirildiği gibi saklama koşullarına destek olan bir yapıda kurgulanmıştır. Çalışma, uygun sağım paterni ile mevcut tekniklerden farklı ve üstün bir yapı elde edilmiştir. Sağım paterni ve uygulanan voltaj sayesinde koloni agresifliği etkilenmediği gibi zehir verimliliği ve kalitesi de arttırılmıştır. Tasarımın getirdiği diğer bir avantaj ise güçlü

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

kolonilerden yapılan zehir sağımında bile tüm koloniye yetecek sağım yüzeyi alanına sahip olmasıdır. Bu sistem enerji verimliliği ile çevreye etkileri açısından dikkatle hazırlanmış ve bu etkiler ön planda tutularak yenilikçi bir yaklaşım ile tasarlanmıştır. Yapılan çalışma ile ülke arıcılığının arı zehri sağım kapasitesi arttırılacağı gibi gelecek çalışmalara ışık tutması hedef alınmıştır.

Anahtar Kelimeler: Bal Arısı, Arı Zehri, Arı Zehri Sağım Sistemi, Arı Zehri Sağım Teknikleri

1. GİRİŞ

Günümüz arıcılık sektöründe maddi kaygılar üreticilerin önündeki en önemli olgu konumundadır. Üretici henüz yeni sezona başlamadan sezon sonunu düşünmekte ve arıyı sadece bal kaynağı olarak görmektedir. Bu sorunlara iklim değişikliği ve büyük yangınlar nedeniyle kaybedilen hasat alanları eklendiğinde arıcılık sektörü ciddi kaygı yaşanılan üretim alanlarının başında gelmektedir.

Henüz yakın zamanlarda başlayan üretici eğitimi ve proje destekleri ile hızlı bir ivme yakalayan sektör günümüzde arının sadece bal üretmediğini, bütünsel olarak ürünlerinin kıymetini anlamaya başlamıştır. Polen, arı ekmeği, arı sütü, propolis gibi fiziki ürünlerinin yanı sıra; kovan havası ve sesi ile sağlık turizmine olanak sağlamaktadır [1]. Sayılan tüm çıktılar tamamlayıcı tıp çalışma alanlarında önemli destek sağlamakta ve sağlıklı bireyler yetiştirmede öncül besinler olarak öne çıkmaktadır [2].

Tüm bu çıktıların üzerine, yakın zamanda sağımı başlanmış arı zehri ise kendine modern tıpta önemli bir çalışma alanı açmıştır [3]. Zehrin sağlık üzerine faydaları, aşı çalışmaları ve kozmetik sektöründe kullanım alanları akademik çalışmaların arıcılık açısından dönüm noktası olmuştur. Henüz çalışmalarda net bilgiler oluşma da arı varoluşunun sebebini bir kez daha doğaya hatırlatmıştır [4].

Samancı tarafından 2019 yılında Anadolu bal arısı üzerinde yapılan çalışmada doğal olarak elde edilen arı zehirlerinin fizikokimyasal özelliklerinin belirlenmesi çalışılmıştır. Doğal olarak elde edilen arı zehri, ticari olarak elde edilen arı zehirleri ile kimyasal içerik bakımından karşılaştırılmış ve zehrin taze olarak elde edilmesi, elde edilen zehirlerin hızlı bir şekilde soğuk zincire ulaştırılması gerektiği sonucuna ulaşılmıştır [5].

Zehrin kendine has yapısı, bileşenleri ve hasat sonrası bozulma süreci arıcılar için zor bir süreci de beraberinde getirmiştir. Arıcı sahada arı ürünleri ile ilgilenirken harcadığı eforun neredeyse aynısını zehir sağımı için de ayrıca harcamak zorundadır. Ek olarak zehrin bozulma sürecine girmeden soğuk zincirde tutma gereksinimi diğer arı ürünleri ile ilgilenmeyi kısıtlamaktadır. Sahada arıcının en az efor ile en çok verimi sağlaması beklenirken zehir sağımı tek başına tüm süreçler kadar vakit ve ilgi istemektedir.

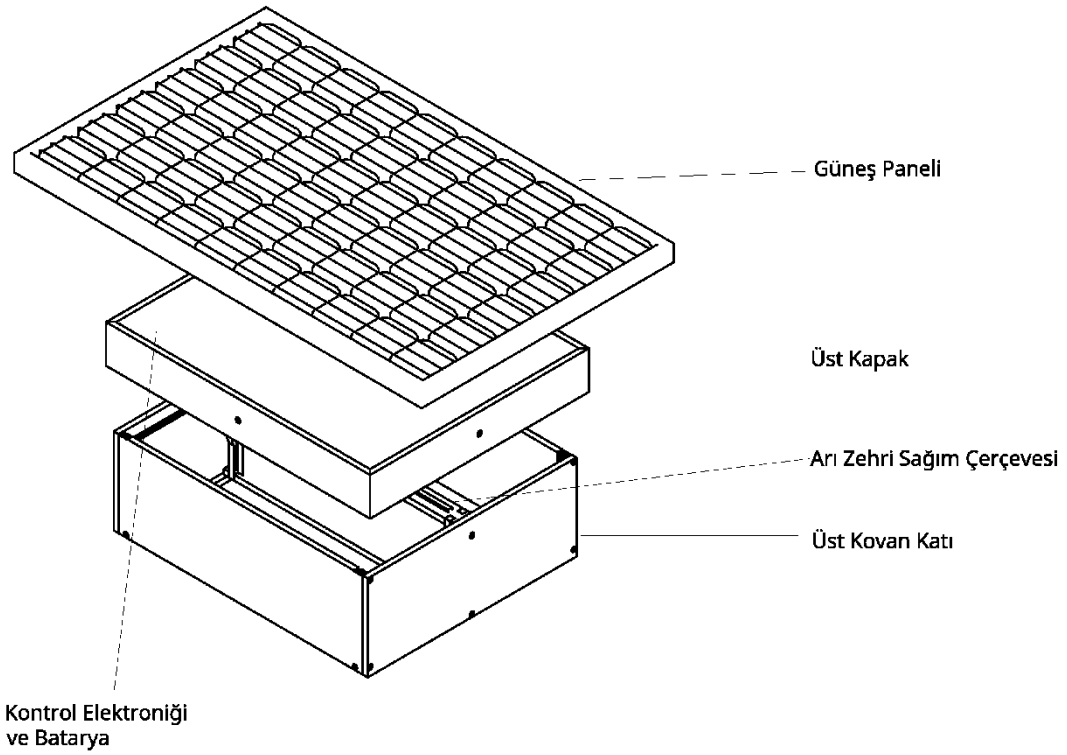
ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

Tüm bu olumsuz durumlara rağmen araştırmaların olumlu süreçleri ve kozmetik sektöründeki kullanımların artması nedeni ile değerini ortaya koyan zehir, harcanan emeği fazlası ile karşılar durumdadır [6].

Süreçteki iş akışı, henüz standartlar ile belirlenmediği için, üretici-alıcı arasında bir fiyat dengesi kurulamamıştır [7]. Fakat piyasada alımlar devam etmekte olup değişken fiyatlandırma söz konusudur.

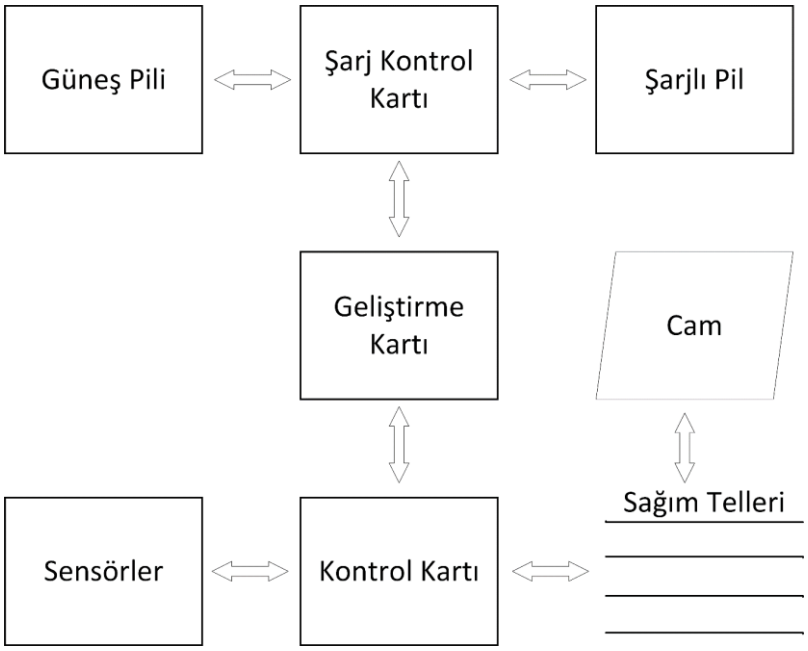
Çalışmanın ana amaçlardan bir tanesi de, arı yetiştiricisinin mevcut üretimine ek olarak arı zehri üreticisi de olabilmesini sağlamaktır. Arı yetiştiricisi tüm bu süreci, otomatize bir sistem ile ve mevcut iş yükünü arttırmadan yapabilecektir. Sistemin kapalı tasarımı nedeniyle de üretim esnasında insan hatasına yer olmayacağı gibi, üretim sonrası da zehrin olası insan sağlık sorunlarından uzak, güvenli biçimde elde edilmesinin yolu açılacaktır. Tasarlanan ürünün avantajları sayesinde üretici dünya standartlarını belirleyecek düzeyde saf ve kaliteli ham arı zehri üretimi gerçekleştirebilecektir. Üstelik cihaz sayesinde zehir sağılabilen tüm arı tür ve alttürlerinde zehir sağımında mümkün olan en yüksek verim elde edilmiş olacaktır.

Geliştirilecek sistemde farklı görevleri bulunan modüller bulunacaktır. Görsel 1 ve 2'de blok tasarımları verilmiş sistem; güneş enerjisi ve şarj modülleri, geliştirme kartı modülü, kontrol kartı, sensörler ve sağım telleri olarak ayrışmaktadır.



Görsel 17. Sistem Blok Tasarımı

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



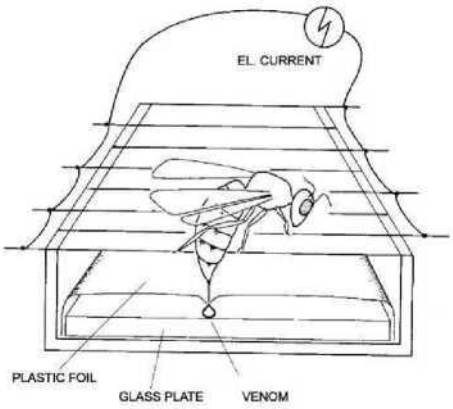
Görsel 18. Sistem Donanım Tasarımı

- Güneş enerjisi ve şarj modülleri; sistemin çalışması için gerekli enerjiyi depolayan şarjlı pilleri, sahada çalışma süresini uzatmak için kullanılacak güneş panelini ve pillerin harici şarj edilebilmesini de sağlayan şarj ünitesini içermektedir.
- Geliştirme kartı modülü; sistemin beyni konumundaki yapı yazılımın geliştirileceği altyapıyı sağlamaktadır. Kablosuz haberleşme yeteneğine sahip geliştirme kartı arayıcılığı ile telefon uygulaması haberleşmesi sağlanacaktır. Sistem kablosuz haberleşme yeteneği sayesinde opsiyonel olarak merkezi bir kontrol ünitesi ile kontrol edilebilir olacaktır.
- Kontrol modülü; sensörlerden gelen verileri haberleşme modülüne, geliştirme kartı modülünden gelen komutları yürütmek ve sağım tellerini çalıştırmakla ilgili modüldür.
- Sensör modülü; farklı sensörlerin verilerini tek bir veri yolu üzerinden iletmek için kullanılan modüldür.

2. DENEYSEL UYGULAMALAR

Arı zehri sağımı ilk kez 1954 yılında Markovic ve Mollnar tarafından literatüre kazandırılmıştır. Görsel 3'te sistem çizimi, Görsel 4'te ise sistem tasarımı verilen sistem kovan içine veya dışına monte edilebilir şekilde tasarlanmış ve uygulanmıştır. Yapı ince bir polietilen membran ile kaplanmış çerçeve, elektrik tel ağı ve bir cam plakadan oluşmaktadır [8].

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



Görsel 20. Sistem Çizimi



Görsel 19. Sistem Tasarımı

Markovic ve Mollnar tarafından tasarlanmış sistemde birkaç farklı model geliştirilmiş ve zehir toplayıcı kollektörler farklı koşullarda kullanılmıştır [8]. Çalışmada 24-30 V aralığında, 2-3 saniyelik darbe süresi, 3 ila 6 saniyelik duraklar ile 50-1000 Hz darbe frekansı aralıklarında verimli bir sağım elde edilebileceği öngörülmüştür. Çalışma çıktısı olarak arı zehri toplama sırasında arılara zarar verilmez düşüncesi hakimdir. Ayda 3-4 kez tekrarlanan 3 saatlik toplama periyotlarının arılara zarar vermediği, 1 gr kuru arı zehri için yaklaşık 10.000 arıya ihtiyaç olduğu; yaklaşık 40.000 arı ile 4 gr arı zehri toplanarak ortaya konmuştur [9]. Bu toplama, kuluçka veriminde ve bal veriminde yaklaşık %10-15 oranında azalmaya neden olmuş; sezonda ise arı performansını etkilemediği belirtilmiştir [10].

Yapılan çalışmalarda sıcak ve nemli bölgelerde arı zehrinin, soğuk ve ılıman bölgelere göre daha toksik olabileceği saptanmıştır. Çalışmada farklı arı türlerinin arı zehri ile ilgili olarak, *Apis melifera* ve *Apis dorsata* zehirlerinin benzer toksisiteye sahip olduğu; fakat *Apis dorsata* zehrinin daha fazla alarm feromonları içerdiği saptanmıştır [9]. Benzer şekilde 1996 yılında Krell tarafından yapılan çalışmada farklı bal arısı türlerinden elde edilen zehrin farklılıklar gösterse de genel aktivitesinin benzer olduğu ortaya konmuştur [11].

Örnek olarak verilen çalışmaların göstergesinde arı zehri gerek arı türüne gerekse de sağım tekniğine bağlı olarak değişiklik göstermektedir. İlk prototip aşaması için deney bölgesi olarak Muğla ili öngörülmüştür.

Çizelge 1. Donanım Değişkenleri

Tel Gerilimi (V)	Tel Kalınlığı (mm)	Darbe Süresi (sn)	Darbe Durak Süresi (sn)	Darbe Frekansı (Hz)
12	0,5	3	6	50
24	1,5			100

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

30	250
	500
	1000

Çizelge 1'de yapılan çalışmanın donanım değişkenleri sunulmaktadır. Geliştirilmesi planlanan prototipte deney verileri ışığında aşağıda belirtilen başarı kriterleri öngörülmektedir:

- Sistemin şarj edilmeyi unutulup sahaya gelinmesi durumunda % 20 - % 80 şarj olma süresi olarak 2 saat olması öngörülmektedir,
- % 80 şarjlı durumdaki sistemin 1 saat süre ile sağım yapabilmesi hedeflenmektedir,
- Her bir sağımın 20 dakikalık süreçte tamamlanması hedeflenmektedir,
- Sahada kovanın diğer işlemlerine ek olarak; her bir sağım için 5 dakikalık ekstra süreç eklemesi hedeflenmektedir.

Böylece sistem arıcının iş yükünü arttırmadan kendi kendine sağımı yapabilir kapasitede olacak ve süreç bitiminde gerek sesli gerekse de telefon bilgilendirmesi ile uyarı verebilecektir.

4. GENEL DEĞERLENDİRME VE SONUÇLAR

Yakın dönem akademik, sağlık ve kozmetik çalışmaların artması ile önem kazanan arı zehri, henüz standartlarının tam oluşmadığı ve elde edilmesinin zahmetli olduğu bir çalışma alanıdır. Geliştirilen sistem gelecek çalışmalara öncülük edilmesi, standartların belirlenmesi ve sürecin otomatikleştirilmesinde katma değeri yüksek ürünler arasındadır. Geliştirilen sistem ile ulusal bazda ilk akıllı sağım sistemi geliştirilmiş olacaktır. İlerleyen süreçte sistem uluslararası kovanlara uygun hale getirilecektir. Sağın sistemi henüz alternatifi olmayan bir alanda olduğundan tercih sebebi olarak ön plana çıkmaktadır.

Çalışmanın ana çıktısı daha kaliteli ve yüksek standartlara sahip arı zehri üretimi sağlamaktır. Arıcılık aktivitelerinin yanı sıra katma değeri çok daha yüksek bir ürünün kolay ve kısa bir sürede elde edilebilmesi mümkün olacaktır. Koloni bakım çalışmaları için ihtiyaç duyulan ekstra zamanın kazanılması hem daha sağlıklı arı kolonilerini hem de kaliteli arıcılık yan ürünlerini beraberinde getirecektir. Böylece tasarlanan ürünün arıcılık sektörümüze ve ülke ekonomimize önemli katkıları olacaktır.

.

KAYNAKÇA

[1] F. Yöndemli, "ARI ZEHRİYLE TEDAVİDE (APİTERAPİ-APİKOTERAPİ) BİZ

NEREDEYİZ, DÜNYA NEREDE?," *Lokman Hekim J. 2011;*, 2011, [Online]. Available: http://lokmanhekim.mersin.edu.tr

[2] A. K. SİG, M. GÜNEY, Ö. ÖZ SİG, and H. ŞAN, "Bee venom: A medical perspective," *Turkish J. Clin. Lab.*, vol. 10, no. 3, pp. 414–421, Sep. 2019, doi: 10.18663/tjcl.451586.

[3] M. K. Dilşad ONBAŞLI, Gökçen YUVALI ÇELİK, Sümeyye KAHRAMAN, "Apiterapi ve İnsan Sağlığı Üzerine Etkileri," *Erciyes Üniversitesi Vet. Fakültesi Derg.*, vol. 13, no. 3, pp. 49–56, Apr. 2019, doi: 10.32707/ercivet.538001.

[4] S. KOLAYLI, "Apiterapik Amaçlı Arı Ürünlerinin İncelenmesi ve Tüketilebilir Yeni Karışımlarının Hazırlanması," 2016.

[5] T. SAMANCI, "ANADOLU BALARISI (Apis mellifera anatoliaca)'NDAN DOĞAL OLARAK ELDE EDİLEN ARI ZEHİRLERİNİN FİZİKOKİMYASAL ÖZELLİKLERİNİN BELİRLENMESİ," 2019.

[6] S. Y. Filiz Eren BÖLÜKTEPE, "ARI ÜRÜNLERİNİN BİLİNİRLİĞİ VE SATIN ALINMA SIKLIĞI," *Uludağ Arıcılık Dergisi*, vol. 8, no. 2, pp. 53–62, 2008.

[7] M. Kekecoglu, "Apiterapi ürünlerindeki üretim sorunları," in *Türkiye Klinikleri; 2021*, 2021, pp. 257–63. [Online]. Available: https://www.researchgate.net/publication/354732251

[8] O. Markovic and L. Molnar, "Isolation of and determination of bee venom," *Chem. Zvesti*, vol. 8, pp. 80–90, 1954.

[9] N. Urtubey, "Apitoxin: from bee venom to apitoxin for medical use," in *Termas de Rio Grande Santiago del Estero, Argentina*, 2005.

[10] S. Bogdanov, *The Bee Venom Book*, no. April 2016. 2016.

[11] R. Krell, *Value-added products from beekeeping*. 1996.

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

FARKLI ÖNLİSANS PROGRAMINDA ÖĞRENİM GÖREN ÖĞRENCİLERİN SAĞLIKLI YAŞAM BİÇİMİ DAVRANIŞLARININ KARŞILAŞTIRILMASI

Dr. Öğr. Üyesi Ayşe Nur OYMAK SOYSAL

Pamukkale Üniversitesi Sarayköy Meslek Yüksekokulu, Terapi **ve** Rehabilitasyon Bölümü, Denizli/Türkiye

aysenuroymak@gmail.com-**ORCID:** 0000-0001-5383-7937

Doç. Dr. Şule ŞİMŞEK

Pamukkale Üniversitesi, Sarayköy Meslek Yüksekokulu, Terapi **ve** Rehabilitasyon Bölümü, Denizli/Türkiye

sules@pau.edu.tr-**ORCID:** 0000-0001-8065-6461

ÖZET

Amaç: Bu çalışma, Pamukkale Üniversitesi Sarayköy Meslek Yüksekokulu'nda öğrenim gören Fizyoterapi Programı öğrencileri ile Alternatif Enerji Kaynakları Programı öğrencilerinin sağlıklı yaşam biçimi davranışlarını karşılaştırmayı amaçladı.

Metot: Çalışmaya Pamukkale Üniversitesi Sarayköy Meslek Yüksekokulu'nda öğrenim gören 18-25 yaş aralığında bulunan gönüllü öğrenciler dahil edildi. Öğrencilerin sosyodemografik verileri (yaş, cinsiyet, VKİ), sınıf ve okuduğu bölüm bilgileri kaydedildi. Sağlıklı yaşam biçimi davranışı Sağlıklı Yaşam Biçimi Davranışı Ölçeği kullanılarak değerlendirildi.

Bulgular: Çalışmaya Sarayköy Meslek Yüksekokulu Fizyoterapi Programı (70 öğrenci) ve Alternatif Enerji Kaynakları Programı'nda (61 öğrenci) öğrenim gören toplam 131 öğrenci (38 erkek, 83 kız) (yaş ort:20.54±5.14) dahil edildi. İki farklı programda öğrenim gören öğrenciler karşılaştırıldığında; Sağlıklı Yaşam Biçimi Davranış Ölçeği skorları bakımından istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmamıştır (p=0.274).

Sonuç: Farklı ön lisans programlarında okuyan öğrencilerin sağlıklı yaşam biçimi davranışları bakımından farklılık bulunmamıştır. Sağlıklı yaşam davranışlarının benimsenmesine birçok faktör etki etmektedir. Bu nedenle üniversite döneminde bu konuda eğitimlerin düzenlenmesi faydalı olacaktır.

Anahtar kelimeler: Öğrenci, Sağlık programı, Sağlıklı Yaşam Biçimi Davranışı

COMPARISON OF HEALTHY LIFESTYLE BEHAVIORS OF STUDENTS WHO ARE EDUCSATED IN DIFFERENT ASSOCIATE DEGREE PROGRAMS

ABSTRACT

Aim: This study aimed to compare the healthy lifestyle behaviors of Physiotherapy Program students and Alternative Energy Sources Program students studying at Pamukkale University Sarayköy Vocational School.

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

Methods: Volunteer students between the ages of 18-25 studying at Pamukkale University Sarayköy Vocational School were included in the study. After students' sociodemographic data (age, gender, BMI), grade and department information were recorded, the Healthy Lifestyle Behavior Scale was applied to the students. The data were analyzed and interpreted statistically.

Results: 131 students (38 men, 83 women) (average age:20.54±5.14) studying at Sarayköy Vocational School Physiotherapy Program (70 students) and Alternative Energy Sources Program (61 students) were included. In the comparison, no statistically significant difference was found between the students of the two departments in terms of Healthy Lifestyle Behavior Scale scores (p = 0.274).

Conclusion: There was no difference in terms of healthy lifestyle behaviors of students who are and are not educated in the health program. Many factors affect the adoption of healthy lifestyle behaviors. Therefore, it would be beneficial to organize training on this subject during university period.

Keywords: Healthy Lifestyle Behavior, Health Program, Student

1. GİRİŞ

Dünya Sağlık Örgütü sağlığı; "Yalnızca hastalık ya da sakatlığın olmayışı değil, fiziksel, ruhsal ve sosyal olarak tam bir iyilik hali" olarak tanımlar. Sağlıklı yaşam biçimi ise kişinin sağlığını etkileyen, bütün davranışlarını kontrol altında tutması, günlük yaşam aktivitelerini kendine göre seçmesidir[1]. Bireylerin sağlığı geliştirecek davranışlar sergilemesi hastalık insidansını düşürmektedir[2].

Sağlıklı yaşam biçim davranışlarının tek amacı hastalıklardan korunmak değildir. Amaç tüm yaşam süresince iyilik halini geliştiren davranışları benimsemektir. Mevcut sağlık düzeyinin korunmasını, sağlığın geliştirilmesini ve iyileştirilmesini sağlayan davranışlar bütünüdür. Bunlar; yeterli ve dengeli beslenme, stres yönetimi, yeterli ve düzenli fiziksel aktivite, sigara gibi zararlı alışkanlıklardan uzak durma, kişisel sağlık sorumluluğu ve hijyendir[2-4].

Sağlık çalışanları kişilerin sağlıklı yaşam biçimi davranışları sergilemesinde ve risk faktörlerinin ortadan kaldırılmasında önemli bir yere sahiptir. Sağlık çalışanları sosyal hayattaki yaşantıları ve mesleki sorumlulukları ile toplumu etkilemektedir. Özellikle bakım hizmetleri ve tedavide görev alacak, sağlık programlarında okuyan üniversite öğrencilerinin, olumlu yönde sağlıklı yaşam biçimi davranışı göstermeleri daha çok beklenmekte ve istenmektedir[5-7].

Gençlik dönemi hem birey hem de toplum için oldukça önemlidir ve dinamik bir süreçtir. Bu dönemim başında üniversite eğitimi yer almaktadır**.** Üniversite eğitimi, bireylerin adolesan dönemden yetişkinlik dönemine geçtikleri, kişilik özelliklerinin ve karakterlerinin şekillendiği, yeni arkadaşlıkların, alışkanlıkların ve davranışların kazanıldığı bir dönemdir[8]. Bu dönemde, gençler tüm yaşamlarına yön verecek biyolojik, psikolojik ve sosyal gelişim içindedirler**.** Bu nedenle; sigara, alkol, madde kullanımı, sağlıksız beslenme ve yetersiz fiziksel aktivite, cinsel yolla bulaşan hastalıklar ve yaralanmalar gibi bazı riskler ile karşı karşıyadırlar[9]. Gençler bu yaşlarda, sağlıklı davranışları benimseyebilir ya da tam aksine sağlıksız yasam biçimi davranışları kazanabilirler. Bu davranışlar sadece kendilerini değil tüm toplumu etkileycektir[3].

Toplumdaki her bireyin sağlığın geliştirilmesi ve iyileştirilmesi için sorumluluk alması gerekir ancak sağlık çalışanlarına bu konuda daha fazla sorumluluk yüklenmiştir. Toplum tarafından rol model olarak görülürler. Doktor, hemşire, fizyoterapist gibi sağlık profesyonellerinin yanı sıra fizik tedavi teknikerleri de bu mesleklerden biridir[10]. Sağlık çalışanları veya sağlık alanında eğitim gören öğrencilerin sağlıklı yaşam davranışları ile ilgili pek çok çalışma yapılmıştır[2,3,5,7,9,10]. Öte yandan meslek ya da eğitim alanına göre yapılan karşılaştırmalar da mevcuttur[5,11,12]. Literatürde birçok çalışma, sağlıklı yaşam davranışlarının; yaş, cinsiyet, vücut kitle indeksi (VKİ), ekonomik durum, sosyokültürel durum, beslenme, ve düzenli fiziksel aktivite ile ilgisini incelemiştir[10,13-15]. Ancak ön lisans fizyoterapi öğrencilerinin de dahil olduğu tek bir çalışmaya rastlanmıştır. Mevcut çalışma ile bir meslek yüksekokulunda eğitim gören iki program bölüm öğrencilerinin sağlıklı yaşam biçimi davranışlarının karşılaştırılması amaçlanmıştır.

2. GEREÇ VE YÖNTEM

Çalışmaya Pamukkale Üniversitesi Sarayköy Meslek Yüksekokulu Fizyoterapi Programı ve Alternatif Enerji Kaynakları Programı'nda okuyan ve araştırmaya katılmaya gönüllü olan öğrenciler alındı. Öğrencilere Sağlıklı Yaşam Davranış Ölçeği (SYDÖ) Google Forms kullanılarak yapılmıştır. Anketi online olarak dolduran öğrenciler çalışmanın örneklemini oluşturdu. Çalışmanın dahil edilme kriterleri; 18-25 yaş aralığında Sarayköy Meslek Yüksekokulu'nda okuyor olmak idi. Dışlama kriterleri ise; 25 yaş üstü öğrenci olmaktı. Katılımcıların sosyodemografik bilgileri kaydedildikten sonra Sağlıklı Yaşam Biçimi Davranış Ölçeği uygulanmıştır. Ölçek 34 soru içermektedir. Her bir soru için; hiçbir zaman, nadiren, ara sıra, sık sık ve her zaman seçeneklerinden biri işaretlenir. Seçenekler 0-4 arasında puanlanır. 29, 33 ve 34. Sorular ters sorular olup, kodlamaları ters yapılır. 1-5. sorular ile egzersiz alışkanlığı; 6-13.sorular ile Kişisel Sağlık Sorumluluğu; 14-15. sorular ile uyku düzeni; 16-20. sorular ile sosya destek; 21-23. Sorular ile stres yönetimi; 24-28. sorular ile beslenme; 29-32. sorular ile sigara alışkanlığı; 33-34.sorular ile alkol kullanımı değerlendirilir. Verilen yanıtların değerleri toplanıp aritmetik ortalaması (Toplam skor/34) alındıktan sonra 25 ile çarpılarak en küçük:0- en büyük:100 olacak şekilde ölçek skoru elde edilmiştir[16].

2.1.İstatistiksel Analiz

SPSS 25.0 (IBM SPSS Statistics 25 software (Armonk, NY: IBM Corp.) paket programı kullanılmıştır. Sürekli değişkenler ortalama ± standart sapma ve kategorik değişkenler sayı ve yüzde olarak gösterilmiştir. Normal dağılıma uygunluk Kolmogorov Smirnov testi ile incelendi. Bağımsız grupların karşılaştırılmasında normal dağılım şartı sağlanmadığı için Mann-Whitney U testi kullanıldı.

3. BULGULAR

Çalışmaya yaş ortalaması ortalamaları 20.54±5.14 olan, 131 gönüllü öğrenci (38 erkek, 83 kız) katıldı. Öğrencilerden 70'i (%53.4) Terapi ve Rehabilitasyon Bölümü'nde; 61'i (%46.6) ise Elektrik Bölümü'nde öğrenim görmekte idi. 81 (%61.8) öğrenci birinci sınıf, 50 (%38.2) öğrenci ise ikinci sınıftır (Çizelge 1). İki bölüm arasında yapılan karşılaştırmada cinsiyet ve sınıf kademesi bakımından fark bulunmaktaydı (p=0.00, p=0.01). Sağlıklı Yaşam Davranışı

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

Ölçeği skorları hesaplanarak yapılan karşılaştırmada Terapi ve Rehabilitasyon Bölümü ve Elektrik Bölümü öğrencileri arasında SYDÖ skorları bakımından anlamlı istatistiksel fark bulunmamıştır (p= 0.274). Her iki bölümün öğrencileri sınıf bazında karşılaştırıldığında ise Sarayköy Meslek Yüksekokulu birinci sınıf ve ikinci sınıf öğrencileri arasında anlamlı istatistiksel fark bulunmamıştır (p=0.614, p=0.248) (Çizelge 2).

4. TARTIŞMA VE SONUÇ

Pamukkale Üniversitesi Sarayköy Meslek Yüksekokulu'nda öğrenim gören Fizyoterapi Programı öğrencileri ile Alternatif Enerji Kaynakları Programı öğrencilerinin sağlık yaşam biçimi davranışlarını karşılaştırmayı amaçladığımız çalışmamızda, katılımcıların SYDÖ skorları bakımından iki bölüm arasında anlamlı bir fark olmadığı görülmüştür. Öğrenciler sınıf seviyelerine göre karşılaştırıldığında da anlamlı bir fark bulunmamıştır.

Sağlıklı yaşam biçimi davranışları bireylerin mevcut sağlık durumlarını korumak ve geliştirebilmek için aldıkları sorumlulukların tamamıdır. Bu sorumluluk sağlıkları ile ilgili doğru bilgiye ulaşabilme ve sağlıkları konusunda seçim yapabilme becerisine sahip olmalarını gerektirir. Yetersiz fiziksel aktivite, yeterli ve dengeli beslenmemek, sigara, alkol ve benzeri madde alışkanlığı birçok hastalık ile ilişkilidir[17]. Bireylerin sağlıklı yaşam biçimine sahip olmalarını engelleyecek faktörlerden korunmasında sağlık çalışanları oldukça etkilidir. Sağlık çalışanlarının verdiği sağlık hizmetleri, eğitimler ve danışmanlık birçok kronik hastalığın önlenmesini ve yaşam kalitesinin arttırılmasını sağlar. Dolayısıyla sağlık programlarında okuyan öğrencilerin sağlıklı yaşam biçimi davranışlarını bilmeleri ve benimsemeleri beklenir[2,5-7]. Bu sebeple literatürde sağlık programlarında okuyan öğrenciler ile ilgili yapılan çalışmalar mevcuttur.

Sağlık Yüksekokulu hemşirelik 4. Sınıfta okuyan 58 öğrencinin değerlendirildiği bir çalışmada halk sağlığı hemşireliği dersinin beslenme, kendini geliştirme, stres kontrolü, sosyal destek, sağlık sorumluluğu ve egzersiz gibi konularda olumlu etkisi olduğu belirlenmiştir. Sağlıklı yaşam biçimi davranışları, barınma, sosyal aktivitelere katılım ve bir hastalığa sahip olma gibi durumlardan etkilenmektedir. Araştırmanın sonuçları bu dersin; öğrencilere sağlıklı yaşam davranışları sergileme konusunda katkı sağladığı ve farkındalığı arttırdığını göstermiştir[3].

Tıp Fakültesinde okuyan öğrencilerin sağlıklı yaşam davranış düzeylerini ve buna etki eden faktörlerin araştırıldığı diğer bir çalışmada ise 711 tıp öğrencisinin sağlıklı yaşam biçimi

davranışları orta düzeyde bulunmuştur. Ekonomik durum, yaş, egzersiz alışkanlığı ve boş zaman aktivitesi Sağlıklı Yaşam Biçimi Davranışı Ölçek puanına etki etmiştir. Alt ölçeklere bakıldığında erkek öğrenciler fiziksel aktivitede kadın öğrencilere göre daha yüksek puan alırken kadın öğrenciler kişilerarası ilişkide erkek öğrencilerden daha yüksek puan almışlardır. Sınıf seviyelerinde ise anlamlı bir fark görülmemiştir. Araştırmacılar geleceğin sağlıkçıları ve topluma örnek olacak tıp öğrencilerinin, sağlıklı yaşam biçimi davranışlarını benimsemeleri ve uygulamaları konusunda desteklenmeleri gerektiğini vurgulamışlardır[10]. Mevcut çalışmanın sonuçlarına göre de birinci ve ikinci sınıflar arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmamıştır. Diğer yanda orta düzey sağlıklı yaşam biçimi davranışı konusunda da iki çalışma benzerlik göstermektedir.

Sağlık bilimleri son sınıf öğrencilerinin, sağlık sorumluluğu konusunda birinci sınıf öğrencilerinden daha yüksek puan aldığını gösteren çalışmalar vardır[10,18]. Nacar ve ark., ise yaptıkları çalışmada düşük yaş grubunun daha yüksek puanlar aldığını bildirmiştir. Araştırmada, öğrencilerin sosyoekonomik düzeyi arttıkça, sağlıkta sorumluluk alma, fiziksel aktivite, beslenme ve manevi gelişim gibi puanlarını artmıştır. Literatürde benzer sonuçlar bulunmaktadır [19]. Sınıf seviyesinin sağlıklı yaşam biçimi davranışları üzerine etkisi konusunda çalışmaların çelişkili olduğu görülmektedir.

Anne ve babanın eğitim düzeyinin de farklı alt parametreleri farklı şekillerde etkilediği görülmüştür. Ebeveynlerin sağlık yaşam davranışları üzerindeki etkisi yeterince aydınlatılamamıştır. Ancak bireylerin sağlık durumları üzerindeki olumlu düşünceleri tüm alt parametrelerde olumlu etkiye sahiptir. Bu nedenle, bireylerin sağlığa verdikleri önem ölçüsünde olumlu davranış sergiledikleri, sağlıklı beslendikleri ve stresten korundukları söylenebilir [10]. Çalışmamızda sağlık davranışı üzerinde etkili olan diğer faktörler değerlendirilmemiş olup program ve sınıf değişkenleri esas alınmıştır.

Fizyoterapi ve Rehabilitasyon Bölümü'nde okuyan öğrenciler arasında yapılan çalışmada fizyoterapi öğrencilerinin fiziksel aktivite düzeyi minimum seviyede bulunmuş, sağlıklı yaşam biçimi ise yüksek seviyede bulunmuştur. İki parametre arasında anlamlı pozitif ilişki bulunmuştur. Sonuç olarak ise öğrencilerin sağlıklı yaşam biçimi davranışının fiziksel aktivite düzeyini etkilediği belirtilmiştir[2]. Lisans fizyoterapi öğrencilerinin sağlık yaşam davranışları yüksek bulunurken bizim çalışmamızda ön lisans fizyoterapi programı öğrencileri fark

oluşturmamıştır. Konu ilgili kullanılan farklı ölçekler mevcuttur. Çalışmamızda henüz yeni geliştirilen bir ölçek kullanılmıştır. Skorlara göre düzey belirlemesi olmasa da en küçük 0 puan, en yüksek 100 puan olması sebebiyle her iki program öğrencilerinin orta düzeyde puan aldığı söylenebilir.

Sağlık davranışı, sağlıklı olmak ve hastalıklardan korunmak için yapılan davranışların tamamıdır. Bireyler sağlıklarını geliştirmek için sağlık düzeylerine dikkat etmelidir. Sigara, alkol ve madde kullanımı, yanlış beslenme, kilonun kontrol edilememesi, fiziksel aktivite yetersizliği, şiddet, cinsel davranışlar, aile ile iletişim problemleri ve stres yönetimi gibi riskli davranışlardan kaçınılmalıdır[2,11]. Tuygar ve diğerleri de sağlık hizmetleri meslek yüksekokulu öğrencilerinin sağlıklı yaşam biçimi davranışı puanını yüksek bulmuştur[20]. Bu çalışmanın sonuçları bizim sonuçlarımız ile örtüşmemektedir.

Beden Eğitimi ve Spor Yüksekokulu öğrencileri arasında yapılan çalışmada da öğrencilerin sağlıklı yaşam biçimi davranışı puanlarının yüksek olduğu gösterilmiştir[11]. Literatürde fiziksel aktivite ve sağlık ile ilgili bölümlerde çalışmalar yapılmış ve alınan yüksek puanların eğitim sırasında sağlığın ve fiziksel aktivitenin öneminin öğretilmesine bağlanmıştır. Alınan eğitim ile yüksek puanların ilişkisinin belirlenmesi için farklı bölümlerde okuyan öğrencilerin de dahil edildiği çalışmaların yapılması gerektiği düşünülmüştür. Sonuç olarak fiziksel aktivite ve sağlıklı yaşam biçimini yaşam tarzı haline getiren kişiler çevreye örnek olacaktır[2]. Çalışmamızda farklı sonuçların bulunması ön lisans program oluşu olabilir.

Birçok çalışmada, sağlıklı yaşam biçimi davranışlarını gerçekleştiren bireylerde, kronik hastalık görülme veya ölüm riskinin azaldığı bulunmuştur. Bu nedenle bireyler sağlıklı yaşam biçimi davranışlarını hayatlarına dahil ettiklerinde sağlıklı olma durumunu devam ettirebilir ve sağlık durumunu daha iyi bir düzeye getirebilirler[21]. Sağlık alanında görev alacak bireylerin sağlıklı yaşam biçimini benimsemesi ve topluma rol model olmaları beklenir. Ayrıca üniversite dönemi, mesleki eğitim dışında karakter gelişimi ve yaşamda büyük değişikliklerin olduğu, bu değişikliklerin sağlık davranışlarına da yansıdığı önemli bir süreçtir. Sağlıklı yaşam biçimi davranışı eğitim düzeyi ile ilişkilidir. Öğrencilerin sınıfları büyüdükçe sağlıklı yaşam biçimi davranışlarında artış olduğu gösterilmiştir [22,23]. Yapılan çalışmalarda sağlık dışından bir grup olmaması sebebiyle karşılaştırma yapılamamıştır[7]. Çalışmamızda sağlık alanı dışında bir program ile karşılaştırma yapılmış ancak anlamlı bir fark bulunmamıştır.

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

Sağlık programı öğrencilerinin sağlık okuryazarlığı ile sağlıklı yaşam biçimi davranışlarının değerlendirilmesi için yapılan başka bir çalışmada cinsiyetin, mali durumun, sağlık algısının, ebeveynlerin eğitiminin, öğrenim görülen alanın öğrencilerin ölçeklerden aldıkları puanlar üzerinde etkili olduğunu göstermiştir. Bireylerin sağlık okuryazarlığı yüksek ise daha fazla sağlıklı yaşam biçimi davranışına sahiptir. Kadın öğrenciler erkek öğrencilerden, fakültede okuyan öğrenciler meslek yüksekokulunda okuyan öğrencilerden daha yüksek puan almışlardır. Ebelik öğrencileri, tıbbi laboratuvar teknikleri, diyaliz ve fizyoterapi öğrencilerinden; tıbbi laboratuvar teknikleri öğrencileri ise hemşirelik öğrencilerinden daha yüksek bir puan almışlardır. Dördüncü sınıf öğrencilerinin ortalama puanları ise 1. ve 2. sınıf öğrencilerinden yüksektir. Maddi durum iyi ise puan daha yüksektir. Ebeveynlerin eğitimine göre; anne ilköğretim ve lise mezunu ise okuma yazma bilmeyenlerden, baba lise mezunu ise okuma yazma bilmeyenlerden daha yüksek puan almıştır [5]. Fizyoterapi öğrencilerinin de yer aldığı çalışmada birçok faktör dikkate alınmıştır. Sınıflar ve programlar arasında fark bulunmuştur. Biz çalışmamızda anlamlı bir fark bulmadık. Bunun bir sebebi de örneklemin küçük olması olabilir.

4.1. Limitasyonlar

Çalışmaya sadece bir meslek yüksekokulunda öğrenim gören öğrenciler dahil edilebilmiştir. Bu nedenle sonucun genellenmesi zordur. Çalışmamızın diğer bir kısıtlılığı ise kullandığımız anketin yeni geliştirilmiş olup öğrencilerin aldığı skorların karşılığının karşılaştırılması mümkün olmamıştır. Sağlıklı yaşam biçimi davranışlarını etkileyen diğer faktörlerin etkisi incelenmemiştir.

4.2. Sonuç

Çalışmamızda bir sağlık programı olan fizyoterapi ile farklı bir alanda eğitim veren alternatif enerji kaynakları programı öğrencilerini karşılaştırdık. Farklı ön lisans programlarında okuyan öğrencilerin sağlıklı yaşam biçimi davranışları bakımından farklılık bulunmamıştır. Sağlıklı yaşam davranışlarının benimsenmesine birçok faktör etki etmektedir[24]. Toplumda her yaş grubu için sağlığı koruyucu, iyileştirici ve geliştirici önlemlerin alınması gerekmektedir. Sağlıklı yaşam davranışlarının benimsetilmesi yaşam kalitesini arttıracaktır[4]. Bu nedenle program ve sınıf ayrımı yapılmaksızın öğrencilerin sağlıklı yaşam davranışları konusunda eğitilmesi ve yeterli fiziksel aktivite yapmalarının teşvik edilmesi faydalı olacaktır.

.

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

Çizelge 1: Demografik veriler

Değişkenler	**Terapi ve Rehabilitasyon Bölümü Min-Maks**	**Terapi ve Rehabilitasyon Bölümü Ort ± Sd**	**Elektrik Bölümü Min-Maks**	**Elektrik Bölümü Ort ± Sd**	**p**
Yaş (yıl)	18-25	20.52±4.76	18-25	20.57±5.19	0.841
VKİ (kg/cm^2)	16.42-22.29	21.38±4.4	17.15-31.22	23.39±3.73	0.088
	Terapi ve Rehabilitasyon Bölümü n (%)		**Elektrik Bölümü n (%)**		
Cinsiyet					0.00
Kadın	63 (90)		30 (49.2)		
Erkek	7 (10)		31 (50.8)		
Sınıf					0.01
1. Sınıf	36 (51.4)		45 (73.8)		
2. Sınıf	34 (48.6)		16 (26.2)		

VKI: Vücut Kütle İndeksi

Çizelge 2: SYDÖ skorları karşılaştırması

Değişkenler	**Terapi ve Rehabilitasyon Bölümü Min-Maks**	**Terapi ve Rehabilitasyon Bölümü Ort ± Sd**	**Elektrik Bölümü Min-Maks**	**Elektrik Bölümü Ort ± Sd**	**p**
1. Sınıf Skorlar	22.06-91.18	53.94±16.23	25.74-99.26	53.41±19.24	0.614
2. Sınıf Skorları	33.09-79.41	54.13±12.42	28.68-80.88	49.31±12.36	0.248
Bölüm Skorları	22.06-91.18	54.03±14.40	25.74-99.26	52.33±17.69	0.274

KAYNAKÇA

1. Bozkuş, T., Türkmen, M., Kul, M., Özkan, A., Öz, Ü. & Cengiz, C. Beden Eğitimi ve Spor Yüksekokulu'nda Öğrenim Gören Öğrencilerin Fiziksel Aktivite Düzeyleri ile Sağlıklı Yaşam Biçimi Davranışlarının Belirlenmesi ve İlişkilendirilmesi. International Journal of Sport Culture and Science, 1(3), 49-65, 2013. https://dergipark.org.tr/tr/pub/intjscs/issue/8659/108013
2. Şafak, M., Bekar, Z., Başkurt, Z., Başkurt, F. Fizyoterapi Öğrencilerinin Fiziksel Aktivite Düzeyleri ile Sağlıklı Yaşam Biçimi Davranışlarının İlişkilendirilmesi, Health Academy Kastamonu, 7(3), 481-493, 2022. https://doi.org/10.25279/sak.550984
3. Tambağ, H., Turan, Z. Öğrencilerin Sağlıklı Yaşam Biçimi Davranışlarına Halk Sağlığı Hemşireliği Dersi'nin Etkisi, Hemşirelikte Araştırma Geliştirme Dergisi, 14(1), 46-55, 2012. https://doi.org/10.69487/hemarge.695425

4. Pehlivan, Z., Ada, E. N., Öztaş, G. (2017). Ev Kadınlarının Sosyal Görünüş Kaygıları ve Sağlıklı Yaşam Biçimi Davranışları. Spor Bilimleri Dergisi, 28(1), 11-23, 2017. https://doi.org/10.17644/sbd.337990
5. Kazak, A., Başaran, F., Coşkun, N., Karakullukçu, S. Evaluatıon of Health Literacy and Healthy Lifestyle Behaviors of Unıversıty Students that Study in Health-Related Department, Kocaeli Med J, 10(3), 273-283, 2021. https://doi.org/10.5505/ktd.2021.22438.
6. Cürcani, M., Tan, M., Özdelikara A. Hemşirelerin Sağlıklı Yaşam Biçimi Davranışları ve Etkileyen Faktörlerin Belirlenmesi, TSK Koruyucu Hekimlik Bülteni, 9(5), 487-92, 2010.
7. Kasap Demir, B., Şentürk, S., Kırkalı, M., Atak, A. Genç Sağlıkçılarda Sağlıklı Yaşam Biçimi Davranışları Ölçeğine Göre Değerlendirilmesi. İzmir Kâtip Çelebi Üniversitesi Sağlık Bilimleri Fakültesi Dergisi, 4(1), 7-11, 2019.
8. Cohn, LD., Macfarlane, S., Yanez, C., Imai WK. Risk-Perception: Differences Between Adolescents and Adults, Health Psychology,14(3),217, 1995.https://doi.org/10.1037/0278-6133.14.3.217
9. Orhan Özgül, Ö., Saatci, E. Çukurova Üniversitesi Tıp Fakültesi Öğrencilerinin Sağlık Anksiyete Düzeyleri ve Sağlıklı Yaşam Biçimi Davranışları, Türk Aile Hek Derg, 25(3),84-90, 2021.
10. Gömleksiz, M., Yakar, B., Pirinçci, E. Tıp Fakültesi Öğrencilerinin Sağlıklı Yaşam Biçimi Davranışları ve İlişkili Faktörler, Dicle Tıp Dergisi, 47(2), 347-358, 2020. https://doi.org/10.5798/dicletip.755736
11. Bozkuş, T., Türkmen, M., Kul, M., Özkan, A., vd. Beden Eğitimi ve Spor Yüksekokulu'nda Öğrenim Gören Öğrencilerin Fiziksel Aktivite Düzeyleri ile Sağlıklı Yaşam Biçimi Davranışlarının Belirlenmesi ve İlişkilendirilmesi, International Journal of Sport Culture and Science, 1(3), 49-65, 2013.
12. Selçuklu Çetiner, H. *Hastane Çalışanlarında Sağlıklı Yaşam Biçimi Davranışlarının Belirlenmesi,* Yüksek Lisans Tezi, Marmara Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 2014.
13. Cihangiroğlu, Z., Deveci, E. Fırat Üniversitesi Elazığ Sağlık Yüksekokulu Öğrencilerinin Sağlıklı Yaşam Biçimi Davranışları ve Etkileyen Faktörler, Fırat Tıp Dergisi, 16,78-83, 2011.
14. Örnek, Ö.K., Kürklü, A. Üniversite Öğrencilerinin Sağlıklı Yaşam Biçimi Davranışları, Öz Etkililik-Yeterlilik Düzeyleri ve Etkileyen Faktörler, Türkiye Klinikleri Hemşirelik Bilimleri Dergisi, 9, 207-217, 2017.
15. Vural, P.I., Bakır N. Meslek Yüksekokulu Öğrencilerinin Sağlıklı Yaşam Biçimi Davranışları ve Etkileyen Faktörler, Acıbadem Üniversitesi Sağlık Bilimleri Dergisi, 6, 36-42, 2015.
16. Sayılı, U., Sak, K., Aydın, S.N., Kara, B., Turgut, D., Bisgin, O. Sağlıklı Yaşam Biçimi Davranış Ölçeğinin Geliştirilmesi, Geçerliliği ve Güvenilirliği, Discover Public Health, 21,62, 2024. | https://doi.org/10.1186/s12982-024-00186-x
17. Devran Enginoğlu, H., Beyazıt Üçgün, A., Mustafa Volkan Yürekli, M.V., Uskun, E. Hastane Çalışanlarında Sağlıklı Yaşam Biçimi Davranışlarının Belirlenmesi, Türkiye Halk Sağlığı Dergisi , 2021, 19(1), 55-68, 2021.
18. Bozhüyük, A., Özcan, S. Çukurova Üniversitesi Sağlık Bilimleri Öğrencilerinin Sağlıklı Yaşam Davranışları, Çukurova Üniversitesi Tıp Fakültesi Dergisi, 41,664-74, 2016
19. Nacar, M., Baykan, Z., Cetinkaya, F., vd. Health Promoting Lifestyle Behaviour in Medical Students: A Multicentre Study from Turkey, APJCP, 15,8969-74, 2014.

20. Tuygar, Ş.F., Arslan, M. Sağlık hizmetleri meslek yüksekokulu öğrencilerinin sağlıklı yaşam biçimi davranışlarının incelenmesi, SDÜ Sağlık Bilimleri Dergisi, 6(2), 59-66, 2015.
21. Özer, E., Yılmaz, N. Sağlıklı Yaşam Farkındalığı: Bir Ölçek Geliştirme Çalışması, J Tradit Complem Med., 3(1),47-60, 2020. doi: 10.5336/jtracom.2019-72138
22. İlhan, N., Batmaz, M., Akhan, L. U. Üniversite Öğrencilerinin Sağlıklı Yaşam Biçimi Davranışları, Maltepe Üniversitesi Hemşirelik Bilim ve Sanatı Dergisi, *3*(3), 34-44, 2010.
23. Can, G., Ozdilli, K., Erol, O., Unsar, S., Tulek, Z., Savaser, S., Ozcan, S., Durna, Z. Comparison of The Health-Promoting Lifestyles of Nursing and Non-Nursing Students İn Istanbul, Turkey. Nurs Health Sci., 10(4), 273-80, 2008.
24. Zaybak, A., Fadıloglu, Ç. Üniversite Öğrencilerinin Sağlığı Geliştirme Davranışı ve Bu Davranışı Etkileyen Etmenlerin Belirlenmesi. Ege Üniversitesi Hemşirelik Fakültesi Dergisi, 20(1), 77-95, 2004.

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

POSTMENAPOZAL KADINLARDA FİZİKSEL AKTİVİTE DÜZEYİNİN YORGUNLUK VE ENERJİ DÜZEYİNE ETKİSİ

Doç. Dr. Şule ŞİMŞEK

Pamukkale Üniversitesi, Sarayköy Meslek Yüksekokulu, Terapi ve Rehabilitasyon Bölümü

sules@pau.edu.tr- **ORCID ID**: https://orcid.org/0000-0001-8065-6461

Dr. Öğr. Üyesi Ayşe Nur OYMAK SOYSAL

Pamukkale Üniversitesi, Sarayköy Meslek Yüksekokulu, Terapi ve Rehabilitasyon Bölümü

aysenuroymak@gmail.com- **ORCID ID:** https://orcid.org/0000-0001-5383-7937

ÖZET

Amaç: Bu çalışma, post menapozal kadınlarda fiziksel aktivite düzeyinin yorgunluk ve enerjiye etkisini değerlendirmeyi amaçlamaktadır.

Method: Denizli ili Merkez Efendi ilçesinde yaşayan gönüllü olarak çalışmaya katılmayı kabul eden 35-65 yaş aralığında toplam 293 kadın katılımcı çalışmaya dahil edildi. Katılımcılar sosyodemografik veriler (yaş, cinsiyet, VKİ), menapoz süresi, tipi, yorgunluk ve enerji düzeyi bakımından değerlendirildi. Katılımcıların yorgunluk ve enerji düzeyleri Yorgunluk için Görsel Analog Ölçeği ile değerlendirildi.

Bulgular: Katılımcıların yaş ortalamaları 54,31±6,27 yıl, menapoz yaş ortalaması 46,24±4,73yıldır. Katılımcıların fiziksel aktivite düzeyi arttıkça yorgunluk düzeyi azalırken (p=0,031), enerji düzeyi istatistiksel olarak anlamlı düzeyde artmaktadır (p=0.018).

Sonuç: Sonuç olarak, postmenapozal kadınlarda fiziksel aktivite düzeyi arttıkça yorgunluk azalmakta, enerji düzeyi ise artmaktadır. Postmenapozal kadınların fiziksel aktivite düzeylerini artırmaya yönelik yapılan müdahaleler genel sağlık durumunda artış sağlayabilmekle kalmayıp menapoz sonrası görülen yorgunluk şikayetinin de azalmasını sağlayabilecektir.

Anahtar kelimeler: Menapoz, Fiziksel aktivite düzeyi, Yorgunluk

EFFECT OF PHYSICAL ACTIVITY LEVEL ON FATIGUE AND ENERGY LEVELS IN POSTMENOPAUSAL WOMEN

ABSTRACT

Aim: This study aimed to examine the effects of physical activity level on fatigue and energy in postmenopausal women.

Method: A total of 293 female participants aged 35-65 years, living in Merkez Efendi district of Denizli province and accepting to participate in the study as volunteers, were included in the study. Participants were evaluated in terms of sociodemographic data (age, gender, BMI), menopause duration, type, fatigue and energy level. Participants' fatigue and energy levels were evaluated with Visual Analog Scale for Fatigue Scale.

Findings: The mean age of the participants was 54.31±6.27 years, and the mean menopausal age was 46.24±4.73 years. As the physical activity level of the participants increased, fatigue level decreased (p=0.031), and energy level statistically significantly increased (p=0.018).

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

Conclusion: As a result, fatigue decreased and energy level increased as the physical activity level of postmenopausal women increased. Interventions aimed at increasing the physical activity levels of postmenopausal women may not only improve their general health status but also reduce fatigue complaints after menopause.

Keywords: Menopause, Physical activity level, Fatigue

GİRİŞ

Dünya Sağlık Örgütü menopozu, yumurtalık fonksiyonlarının durması nedeniyle östrojen hormon seviyelerinin azalması sonucu bir kadında bir yıl boyunca adet görmeme durumu olarak tanımlamaktadır (1). Menopoz yaşı toplumdan topluma değişmektedir. Dünyada menopoz yaşı 51 olarak kabul edilirken, Türkiye'de 47 olarak kabul edilmektedir (2). Bu nedenle kadınlar yaşam sürelerinin üçte birini menopozun etkileri ve sorunlarıyla geçirmektedir (3). Menopoz dönemi premenopoz, menopoz ve postmenopozdan oluşur. Premenopoz döneminde ilk semptomlar ortaya çıkar; menopoz dönemi son adet kanamasının meydana geldiği dönemdir ve postmenopoz dönemi ise menopozdan bir yıl sonra başlayıp yaşlılığın başlangıcına kadar süren evredir (4).

Menopoz, bir kadında hormonal değişikliklerin yanı sıra ailede, iş hayatında ve öz algıda değişikliklerin yaşandığı bir dönemdir. Bu dönemde östrojen eksikliğine bağlı olarak ortaya çıkan fizyolojik ve psikososyal değişiklikler, farklı yoğunluk ve sürelerde kendini gösterir ve fiziksel ve ruhsal sağlığı olumsuz etkiler. Sıcak basması, terleme, yorgunluk, uykusuzluk ve gerginlik gibi erken sağlık sorunlarına ek olarak, osteoporoz, osteoporotik kırıklar, ürogenital semptomlar ve kardiyovasküler hastalıklar gibi geç dönem sağlık sorunları da görülebilir. Bu süreçte kadınlar yaşlanma, doğurganlık kaybı, fiziksel görüntüdeki değişiklikler, sağlık sorunları ve sosyal ve sembolik anlamlarla birlikte yaşamlarını olumsuz etkiler (5).

Fiziksel aktivite, günlük yaşamda iskelet kasları kullanılarak yapılan ve enerji harcaması gerektiren herhangi bir hareket olarak tanımlanır. Düzenli fiziksel aktivite ve egzersiz düşük maliyetli ve düşük risklidir ve kardiyovasküler dayanıklılık, vücut kompozisyonu, kas gücü ve dayanıklılığı, esneklik gibi sağlıkla ilgili parametreleri koruyup kontrol etmenin yanı sıra birçok hastalığın ve semptomun tedavisinde etkili bir sağlıklı yaşam tarzı davranışıdır (6).

Literatürdeki çalışmalar egzersizin menopoz semptomları, yaşam kalitesi ve menopoz dönemindeki kadınlarda günlük yaşam aktiviteleri üzerindeki etkilerini incelerken, fiziksel aktivite üzerine yapılan çalışmaların genellikle perimenopozal döneme ait olduğu gözlemlenmiştir (3, 7,8).

Fiziksel aktivitenin menopoz semptomlarını azaltmada koruyucu etkisi vurgulanmıştır ancak kesin sonuçlara ulaşılamamıştır. Bu nedenle çalışmamız, postmenopozal kadınların fiziksel aktivite düzeyinin menapoz semptomu olan yorgunluk ve enerji düzeyine etkisini incelemeyi amaçlamıştır. Çalışmanın sonuçlarının, postmenopozal kadınların fiziksel aktivite düzeyinin planlanmasında fizyoterapistlere rehberlik etmesi beklenmektedir.

GEREÇ ve YÖNTEM

Çalışmaya Denizli ili Merkez Efendi ilçesinde yaşayan gönüllü olarak çalışmaya katılmayı kabul eden 35-65 yaş aralığında toplam 293 kadın katılımcı çalışmaya dahil edildi. Çalışmamız Temmuz-Eylül 2024 tarihleri arasında gerçekleştirildi. Çalışmaya dahil etme kriterleri, 35-65 yaş aralığında olmak, son adet görme tarihinden en az 1 yıl geçmiş olmaktır. Çalışmadan hariç tutma kriterleri, kronik yorgunluk sendromu öyküsü olmaktır.

Katılımcıların sosyodemografik bilgileri kaydedildikten sonra (yaş, cinsiyet, VKİ), menapoz süresi, tipi sorgulandı. Katılımcıların fiziksel aktivite düzeyi Uluslararası Fiziksel Aktivite Anketi Kısa Formu ile değerlendirildi (9). Bu anketin geçerlik güvenirliği Öztürk ve arkadaşları tarafından gerçekleştirilmiştir (10). Anketin total skor hesaplaması, son 1 hafta içerisindeki fiziksel aktivitenin türü için belirlenmiş metabolik eşdeğerlik (MET) değeri, aktivite süresi ve aktivite frekansı çarpılarak toplam değerin hesaplanması prensibine dayanır. Buna göre katılımcılar inaktif, minimal aktif ve yeterli fiziksel aktivite düzeyi olarak sınıflandırılır (9).

Katılımcıların yorgunluk düzeyi ise Yorgunluk için görsel benzerlik skalası (VAS-F) ile değerlendirildi. Skala Lee ve arkadaşları tarafından geliştirilmiş, Yurtsever ve arkadaşları tarafından ise Türkçeye uyarlanmış ve geçerlilik ve güvenirlik çalışması yapılmıştır (10,11). 18 maddeden oluşan skala yorgunluk ve enerji olmak üzere 2 alt boyutludur (11). Skala 10 cm'lik yatay satırlardan oluşmaktadır. Yorgunluk alt boyutu 0-130 arasında skorlanırken, enerji alt boyutu 0 - 50 arasında skorlanır. Yorgunluk skoru arttıkça enerji skoru azaldıkça yorgunluk şiddeti artar (11-13).

İstatistiksel Analiz

Veriler SPSS 25.0 kullanılarak analiz edildi. Değişkenler ortalama ± standart sapma veya sayı ve yüzde olarak ifade edildi. Normal dağılıma uygunluk Kolmogorov Smirnov testi ile analiz edildi. Fiziksel aktivite düzeyinin yorgunluk ve enerji düzeyine etkisi One Way Anova testi kullanılarak incelendi.

BULGULAR

Katılımcıların yaş ortalaması 54,31±6,27 olup menapoz yaşı ortalaması 46,24±4,73 idi. Katılımcıları %86'sı spontan olarak menapoz dönemine girmiş iken (n=280), VKI ortalamaları 28,48±4,14'tür. Katılımcıların %85'i (n=249) sigara kullanıyor iken %4,4'ünün (n=13) alkol alışkanlığı olduğu tespit edildi (Tablo 1). Katılımcıların fiziksel aktivite düzeyleri arttıkça yorgunluk düzeylerinin azaldığı (p=0,031) enerji düzeylerinin ise arttığı (p=0,018) tespit edilmiştir (Tablo 2).

TARTIŞMA

Denizli Merkezefendi ilçesinde ikamet eden ve postmenapozal dönemdeki kadın katılımcıların fiziksel aktivite düzeylerinin yorgunluk düzeylerine etkisini incelendiğimiz bu çalışmada fiziksel aktivite düzeyi arttıkça yorgunluk düzeyinin azaldığını ve enerji düzeyinin arttığını tespit ettik.

Menopoz dönemi hormonal, fiziksel ve duygusal değişikliklere neden olur. Bu değişiklikler tüm kadınlar için aynı seviyede değildir, çünkü kültürel farklılıklardan, eğitim seviyesinden ve bazı kişisel faktörlerden etkilenirler (14). Kadınların menopoz sırasında yaşadıkları semptomlar için temel ve en etkili tedavi seçeneği olarak kabul edilen Hormon Replasman Terapisi, bazı riskler ve yan etkilere ilişkin endişeler nedeniyle kadınları alternatif yöntemlere (yaşam tarzı değişiklikleri, kilo kontrolü, fiziksel aktivite) yönlendirmektedir (15). Menopoz semptomları ile fiziksel aktivite düzeyleri arasındaki ilişkiyi inceleyen çalışmalarda farklı sonuçlarla elde edilmiştir. Fiziksel aktivite düzeyindeki artışın menapoz semptomlarını azalttığını bildiren çalışmalara rastlanır iken, menopoz semptomlarının fiziksel aktivite ile azalmadığı, ancak postmenopozal dönemde yaşam kalitesinin arttığını bildiren çalışmalar da mevcuttur (16). Çelişkili veriler arasında, fiziksel aktivitenin bu semptomlar üzerinde olumlu veya olumsuz bir etkisi olup olmadığını belirlemek için yeterli kanıt olmadığını gösteren çalışmalar da bildirilmiştir (17). Bu nedenle var olan fiziksel aktivite düzeyinin menapoz semptomlarından biri olan yorgunluğa etkisini inceleyerek bu konuda literatüre ışık tutmak istedik ve fiziksel aktivite düzeyinin yorgunluk semptomunu etkilediğini tespit ettik. Postmenapozal kadınlarda

fiziksel aktivite seviyesi arttıkça yorgunluğun azaldığını tespit ettik. Bu anlamda menapozal semptomlardan biri olan yorgunluk seviyesini azaltmak için fiziksel aktivite seviyesini artıracak stratejiler geliştirmek akılcı bir yaklaşım olacaktır.

Fiziksel aktivite düzeyi ile menopoz semptomları arasındaki ilişki, aktivitenin yoğunluğuna bağlı olarak değişebilir (18). Bir çalışma, fiziksel olarak aktif veya minimum aktif olan kadınların daha az somato-vejetatif, psikolojik ve ürogenital şikayetlere sahip olduğunu göstermiştir. Kadınların fiziksel aktivite seviyesi ile eklem-kas bozuklukları, uyku sorunları, vajina kuruluğu, cinsel sorunlar ve idrar sorunları şeklinde somatik şikayetler arasında istatistiksel olarak anlamlı negatif bir korelasyon bulunmuştur. Kilo kontrolü ve düzenli fiziksel aktivite, menopoz semptomları olan kadınlar için yaşam tarzı değişiklikleri olarak önerilmiştir (14). Fiziksel aktivite seviyesi ile menopoz semptomları arasındaki ilişkiyi inceleyen başka bir çalışmada, yüksek yoğunluklu egzersizin menopoz semptomları üzerinde çok az etkisi olduğu; boş zamanlarda ve bahçede, işte veya bir şey taşırken yapılan hafif fiziksel aktivitenin menopoz semptomlarında daha etkili olduğu görülmüştür. Düzenli fiziksel aktivite yapan kişilerin kendilerini daha rahat hissettikleri, menopoz semptomlarının daha az şiddetli ve seyrek yaşandığı bildirilmektedir (19). Biz çalışmamızda fiziksel aktivite düzeyi yeterli olan postmenapozal kadınların daha az yorgunluk yaşadıklarını tespit ettik.

Östrojen eksikliğinden kaynaklanan serotonin hormonundaki azalma, kadınların uykuya dalmasını zorlaştırır ve uykusuzluğa neden olur (20). Yorgunluğun nedenlerinden biri ise uyku kalitesindeki bozulmadır. Çalışmamızda uyku düzeni ile ilgili soru sormadık. İleride yorgunlukla ilgili çalışma planlanırken postmemnapozal kadınlarda yorgunluğu etkileyebilecek değişkenlerden biri olan uyku kalitesinin değerlendirilmesi yorgunluğun daha kapsamlı ele alınmasını sağlayacaktır.

Çalışmamızın kısıtlılığı yorgunluğu etkileyebilecek diğer değişkenlerin incelenmemiş olmasıdır. Yorgunlukla ilişkili faktörler açısından aşırı efor, uyku bozuklukları, stres, depresyon, omuz ağrısı veya sakatlığı, enfeksiyonlar, endokrin bozuklukları ve metabolik durumlar gibi mekanizmalar önerilmiştir. Bu nedenle yorgunluğu etkileyen diğer faktörlerin de ele alınması fiziksel aktivite düzeyinin yorgunluk üzerindeki etkisini net olarak belirleyecektir.

Sonuç olarak postmenapozal kadınların fiziksel aktivite düzeyleri yorgunluk şikayetini etkilemektedir. Bu nedenle yorgunluk semptomunu azaltmak için postmenapozal kadınlara fiziksel aktivite düzeyini artırma yönünde yaşam tarzı değişikliklerinin yapılması önemlidir. Kadın sağlığı ile ilgilenen fizyoterapistlerin yorgunluk şikayeti ile başvuran danışanlarına aktivite düzeylerini artırıcı egzersiz programları düzenlemesi önerilir.

KAYNAKLAR

1. http://whqlibdoc.who.int/trs/WHO_TRS_866.pdf (Erişim Tarihi: 9.12.2024)
2. https://www.jcog.com.tr/article/en-editorials-66894.html (Erişim Tarihi: 9.12.2024)
3. Kharbouch, B.S., Sahin, H.N. Determining the quality of life in menopausal periods. IUFN J Nurs. 2007, 15(59), 82-90.
4. Sherman, S. Defining the menopausal transition. The American Journal of Medicine 2005,11,8(12),3-7.
5. Bener, A., Falah, A. A measurement-specific quality-of-life satisfaction during premenopause, perimenopause and postmenopause in Arabian Qatari women. J Midlife Health. 2014,5(3),126- 34.
6. Alpözgen, A.Z., Özdinçler, A.R. Physical activity and preventive effect: Review. HSP. 2016, 3(1), 66-72.

7. Riesco, E., Choquette, S., Audet, M., Tessier, D., Dionne, I.J. Effect of exercise combined with phytoestrogens on quality of life in postmenopausal women. Climacteric. 2011,14(5),573-80.
8. Daley, A., Stokes-Lampard, H., Thomas, A., Macarthur, C. Exercise for vasomotor menopausal symptoms. Cochrane Database Syst Rev. 2014, 11,CD006108.
9. Craig, C.L., Marshall, A.L., Sjostrom, M., Bauman, A.E., Booth, M.L., Ainsworth, B.E., International physical activity questionnaire: 12-country reliability and validity. Med Sci Sports Exerc 2003,35,1381-95.
10. Lee, K.A., Hicks, G., Nino-Murcia, G. Validity and reliability of a scale to assess fatigue. Psychiatry Res, 1991, 36(3), 291-8.
11. Yurtsever, S., Bedük, T. Hemodiyaliz hastalarında yorgunlugun degerlendirilmesi. Hemsirelikte Arastırma Gelistirme Dergisi, 2003, 5(2), 3-13.
12. Can, R., Ege, E., Akın, B., Koçoglu, D. Dogum sonu ilk üç aylık dönemde annedeki yorgunluk düzeyi ve ilişkili faktörler. Maltepe Üniversitesi Hemsirelik Bilim ve Sanatı Dergisi, 2010, 3(2), 62-70.
13. Aktas, N., Karaçam, Z. Dogum sonrası yorgunluk, kadının özbakım gücü ve ilişkili faktörler. Tepecik Egitim ve Arastırma Hastanesi Dergisi, 2017, 27(3), 186-196.
14. Tan, M.N., Kartal, M., Guldal, D. The effect of physical activity and body mass index on menopausal symptoms in Turkish women: a cross-sectional study in primary care. BMC Womens Health. 2014, 14(1),38.
15. Whitcomb, B.W., Whiteman, M.K., Langenberg, P., Flaws, J.A., Romani, W.A. Physical activity and risk of hot flashes among women in midlife. J Womens Health (Larchmt). 2007,16,124-33.
16. Riesco, E., Choquette, S., Audet, M., Tessier, D., Dionne, I.J. Effect of exercise combined with phytoestrogens on quality of life in postmenopausal women. Climacteric. 2011,14(5),573-80.
17. Daley, A., Stokes-Lampard, H., Thomas, A., Macarthur, C. Exercise for vasomotor menopausal symptoms. Cochrane Database Syst Rev. 2014, 11,CD006108.
18. Daniel, M., Martin, A.D., Carter, J. Opiate receptor blockade by naltrexone and mood state after acute physical activity. Br J Sports Med 1992, 26,111-115.
19. Skrzypulec, V., Dąbrowska, J., Drosdzol, A. The influence of physical activity level on climacteric symptoms in menopausal women. Climacteric. 2010,13(4),355-61.
20. Simon, J.A., Reape, K.Z. Understanding the menopausal experiences of Professional women. Menopause. 2009, 16(1),73-6.

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

Tablo 1: Demografik veri tablosu

Değişkenler	**Min-Maks**	**Ort ± SS**
Yaş (yıl)	36-65	54,31±6,27
VKİ (kg/cm^2)	18,21-40,58	28,48±4,14
Menapoz Yaşı (yıl)	26-56	46,24±4,73
Sigara alışkanlığı	n	%
Var	249	85
Yok	44	15
Alkol alışkanlığı		
Var	13	4,4
Yok	280	95,6
Menapoz tipi		
Spontan	252	86
Cerrahi	41	14

VKİ: Vücut Kütle İndeksi; kg: kilogram; cm^2: santimetrekare; Min: Minimum; Max: Maksimum; Ort: Ortalama; SS: Standart Sapma

Tablo 2: Fiziksel aktivite düzeyinin enerji ve yorgunluğa etkisi

Değişkenler	**Fiziksel Aktivite Düzeyi**			
	İnaktif (n=193) Ort ± SS	**Düşük (n=81) Ort ± SS**	**Yeterli (n=15) Ort ± SS**	**p***
Yorgunluk	58,59 ± 24,28	51,44±20,52	48,43±25,33	0,031
Enerji	23,69±11,24	27,3±9,34	44,07±9,50	0,018

Ort: Ortalama; SS: Standart Sapma: *: Tek Yönlü Varyans Analizi

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

COVID-19 GEÇİREN BİREYLERDE EGZERSİZ EĞİTİMİ

Doç. Dr. Gülşah BARĞI
İzmir Demokrasi Üniversitesi,
gulsah.bargi@idu.edu.tr - ORCID ID: 0000-0002-5243-3997

Prof. Dr. Özlem ÇİNAR ÖZDEMİR
Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesisi,
ozlemcinarozdemir@gmail.com - ORCID ID: 0000-0002-9205-5652

ÖZET

31 Aralık 2019'da ilk vakanın Çin'de bildirilmesiyle tüm dünyada etkisini gösteren COVID-19 pandemisi toplumun her kesimini derinden etkilemiştir. Bireylerin solunum sistemi dahil olmak üzere birçok sistem, doku ve organında bozukluklara yol açabilen COVID-19'un etkileri şiddetine göre değişebilmektedir. Ayrıca COVID-19 geçirmiş olan bireylerin kas-iskelet ve kardiyovasküler sistemleri de olumsuz etkilenmektedir. Bu sebeple COVID-19 geçirmiş bireylerde kas kuvveti ve enduransı ile kardiyovasküler enduransta azalma görülebilmektedir. Pandeminin en şiddetli etkisini gösterdiği ilk yılda egzersiz eğitiminin etkinliği henüz net değildi. Bu sebeple bu derleme çalışmasında, Mart 2020 ile Mart 2021 tarihleri arasındaki literatürü tarayarak COVID-19 geçirmiş bireylerde egzersiz eğitimleri uygulamaları hakkında bilgi vermeyi amaçladık. Literatür taraması "egzersiz, fiziksel aktivite, SARS-CoV-2, COVID-19" anahtar kelimeleri kullanılarak "Google Akademik, PubMed ve Scopus" üzerinden elektronik veri tabanları üzerinden gerçekleştirildi. Bu tarihlerde literatürde yayınlanan çalışmalar COVID-19'lu bireylere yönelik rehabilitasyon uygulamaları ve egzersizlerin gerekliliği konusunda hemfikirdir. Ancak bu konudaki çalışmalar çoğunlukla derleme düzeyinde kalmıştır. Bunun haklı sebepleri olarak en başta COVID-19'un hızlı yayılma ve ciddi düzeyde mortalite ve morbidite oranları gösterilmiştir. Hızlı bir şekilde gelişen bu süreçte yaşam da çok hızlı değiştiğinden henüz oldukça kısıtlı sayıda bu hastalara yönelik yapılan ileriye dönük çalışmalar mevcuttur. Bu sebeple, ileri derleme çalışmalarında COVID-19 pandemisinin etkisinin azaldığı süreçteki çalışmaların sonuçlarının verilmesini önermekteyiz.

Anahtar Kelimeler: COVID-19, egzersiz, fiziksel aktivite, SARS-CoV-2.

1. GİRİŞ

Koronavirüs ilk olarak Çin'in Wuhan kentinde açıklanamayan alt solunum yolu enfeksiyonlu vaka salgını olarak 31 Aralık 2019'da Dünya Sağlık Örgütü'ne bildirilmiştir. Yapılan araştırmalar sonucu bu hastalığın virüs kaynaklı olduğu ve bu virüsün de 2019 koronavirüs hastalığının kısaltması olan COVID-19 olduğu Dünya Sağlık Örgütü tarafından 11 Şubat 2020'de açıklanmıştır (1). Altta yatan sağlık sorunlarına bağlı olarak dünya genelinde her beş kişiden biri şiddetli COVID-19 hastalığı riski altındaydı (2). Dünya Sağlık Örgütü tarafından 9 Şubat 2021'de yayınlanan rapora göre dünya genelinde bu tarihe kadar görülen toplam vaka sayısı 105.429.382 iken ölüm sayısı 2.302.614'tü. Türkiye'deyse ilk vakanın görüldüğü 11

Mart 2020'den 9 Şubat 2021'e kadar olan süreçte toplam vaka sayısı 2 milyonu geçmişti, ölüm sayısı da 26.000'in üzerindeydi (3).

COVID-19'dan etkilenen bireylerde solunum sistemi sıklıkla etkilenmektedir. Ancak bu virüs vücuttaki diğer sistemleri de etkilemektedir. Özellikle COVID-19'dan şiddetli derecede etkilenen bireylerde genellikle birden fazla organ hasarı mevcuttur. COVID-19; vasküler endotelyal hücreler, akciğerler, kalp, beyin, böbrekler, bağırsak, karaciğer, farinks ve diğer dokularda bulunan anjiyotensin dönüştürücü enzim 2 reseptörüne bağlanır. Dolayısıyla bu organlara doğrudan zarar verebilmektedir. Bu bireylerde koagülasyon ve vasküler endotel bozuklukları yaygın görülmekle birlikte kalp ve böbrek disfonksiyonu, inflamasyon, ödem, lenfositopeni, derin ven trombozu, venöz tromboembolizm, pulmoner emboli, sistemik ve pulmoner arteriyel tromboz ve emboli, iskemik inme, akut solunum yetmezliği sendromu ve miyokard enfarktüsü de rapor edilmiştir (4).

COVID-19'dan etkilenen bireylerde genel olarak yüksek ateş, öksürük, dispne, göğüste sıkışma, hemoptizi, bulantı, kusma, ishal, karın ağrısı, kas ağrısı, yorgunluk, baş ağrısı, koku veya tat duyularında bozukluk, konjunktivit ve konfüzyon gibi semptomlar görülmektedir (5). Aynı zamanda hastalığın bir sonucu olarak bu bireylerde uyku bozuklukları (%63,6), aktivite enduransında azalma (%61,4), solunum disfonksiyonu (%57,9), iştahsızlık (%55,4), ağrı bozuklukları (%47,5), anksiyete (%62,1), korku (%50), apati (%41,8), depresyon (%40,7) ve çaresizlik (%32,5) gibi psikolojik işlev bozuklukları da görülür. Aktivite enduransında azalma COVID-19'un kardiyopulmoner fonksiyonları olumsuz yönde etkilemesiyle ortaya çıkar. COVID-19 enfeksiyonun akciğerleri etkilemesi ve COVID-19 geçiren bireylerin uzun süre yatakta kalmaları sonucunda bireylerde diyafram yorgunluğu, solunum kas zayıflığı ve solunum disfonksiyonu oluşabilmektedir. Hastalığın seyrinin bilinmemesi de bu bireylerin gelecekleri hakkında endişelenmelerine, anksiyeteye ve korku hissetmelerine de neden olmaktadır (6).

COVID-19 enfeksiyonu insanları hafif, orta ve şiddetli düzeyde etkileyebilmektedir. Hafif düzeyde etkilenen bireylerde; yüksek ateş, kas ve eklem ağrıları, öksürük, boğaz ağrısı ve nazal konjesyon bulguları mevcuttur ve havayolu sekresyonları oldukça azdır. Bu bireylerin tedavisi, evde izolasyon şeklinde olup semptomatiktir. Antiviral ilaçlar, proteaz inhibitörleri ve çeşitli ilaçların birlikte uygulanmasıyla hastaların klinik semptomları azaltılmaktadır. COVID-19 enfeksiyonu sebebiyle hastaneye yatışın en önemli nedeni ise viral pnömonidir. Hastaneye yatan bu bireylerin yarısında oksijen tedavisi gerekebilmektedir. Bazı hipoksemik hastalarda yüksek akımlı nazal oksijen tedavisi, sürekli pozitif basınç tedavisi ve invaziv olmayan mekanik ventilasyon desteği de gerekebilmektedir. Hastalığın daha şiddetli olduğu hipoksemi, hiperkapni, asidemi ve/veya solunum kaslarında yorgunluk gelişen, hemodinamik olarak stabil olmayan ve mental durumu bozulan hastalar ise invaziv mekanik ventilasyon desteğine ihtiyaç duymaktadırlar (7, 8).

2. YÖNTEM

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

Bu derleme çalışmasında, COVID-19 geçirmiş bireylerde egzersiz eğitimleri hakkında bilgi vermeyi amaçladık. Pandeminin etkilerinin en yoğun yaşandığı süreçte uygulanan egzersizleri Mart 2020 ile Mart 2021 tarihleri arasında "egzersiz, fiziksel aktivite, SARS-CoV-2, COVID-19" anahtar kelimeleri kullanılarak "Google Akademik, PubMed ve Scopus" üzerinden elektronik veri tabanları tarandı. Elde edilen sonuçlar aşağıda verilmiştir.

3. SONUÇLAR

Literatürde COVID-19'lu bireylerde rehabilitasyon uygulamaları ve egzersize yönelik öneriler hastalığın şiddetine ve altta yatan hastalıklara göre değişiklik göstermektedir. Akut dönemdeki hafif COVID-19'lu bireyler için hafif şiddette aerobik ve solunum egzersizleri önerilmektedir. Hastanede yatarak tedavi gören şiddetli COVID-19 sebebiyle durumu kritik olan hastalardaysa akut dönemde rehabilitasyon uygulamaları içerisinde yer alan solunum kas eğitimi, öksürük fasilitasyonu, havayollarının temizliği ve aerobik egzersiz eğitiminin etkinliği konusunda fikir birliğine henüz varılamamıştır (9). Ancak COVID-19'a bağlı viral pnömoni sebebiyle hastaneye yatan bu hastaların mümkün olduğunca hareketli olması gerektiği vurgulanmaktadır. Bunu sağlayabilmek için de hastalara özellikle yatak içi egzersizler, yataktan kalkma, oturma dengesi, ayakta durma ve yürümeyi içeren mobilizasyon uygulamaları ile üst ve alt ekstremiteyi içine alan çeşitli egzersizlerin yapılması önerilmektedir (7). Hastaneden taburculuğu takip eden süreçte bu bireylerde uyku bozukluğu, egzersiz kapasitesinde azalma, dispne, kaygı, korku ve motivasyonda azalma şeklinde fiziksel ve psikolojik bozukluklar görüldüğü bildirilmiştir. Bu sebeple, hastaneden taburcu olan bu bireylere de rehabilitasyon uygulamaları önerilmektedir (9). Literatürde egzersiz eğitim protokolüne yönelik bir fikir birliğine varılamamakla birlikte; daha önceki SARS-CoV enfeksiyonunu takip eden süreçteki rehabilitasyon çalışmaları ve toplum genelinde sağlıklı yaşama yönelik egzersiz önerileri sunan rehberler göz önünde bulundurularak COVID-19'lu bireylerin maksimal oksijen tüketiminin %55-80 veya maksimal kalp atım hızının %60-80 aralığında, ortalama 20-60 dakika/seans ve 2-3 seans/hafta, bisiklete binme veya yürüme şeklinde bir aerobik egzersiz programını takip etmeleri önerilmektedir (10). Fiziksel aktivite düzeylerini artırmak için akut dönemden itibaren hafif ve orta etkilenimi olan COVID-19'lu bireylere hafif şiddette, gün içerisinde 10-15 dakikalık 2-3 seanstan oluşan yürüyüş, yatak içi egzersizler ve solunum egzersizlerini içeren protokoller önerilmektedir (11). Rehabilitasyon uygulamalarının ve egzersizlerin sağlık çalışanlarının etkili ve virüsten güvenli bir şekilde korunarak çalışabilmesi için broşürler ve uzaktan çevrimiçi uygulamalara dayanan tele-rehabilitasyon uygulamaları (eğitim videoları, görüntülü görüşme, telefonla görüşme) ile yapılabileceği belirtilmektedir (7).

Tele-rehabilitasyon uygulamaları COVID-19 pandemisi nedeniyle yüz yüze rehabilitasyon programlarına katılmasının mümkün olmadığı hastalarda egzersizlerin ev ortamında yapılması şeklinde gerçekleşir. Yüz yüze uygulamalara göre hasta temasının daha az olması veya olmaması dışında içerik olarak benzerdir. Hastaların egzersiz programları evde uygulayabilecekleri programlara dönüştürülerek gerçek zamanlı video-konferans yöntemiyle gözetimli veya gözetimsiz olarak uygulanır. Egzersiz programları hastaların bu egzersizleri evde kendi imkanlarıyla yapacağı göz önünde bulundurularak en az ekipman kullanımıyla planlanmalıdır. Gerçek zamanlı video-konferans teknolojisi ile yapılan uygulamalar bireysel

veya 4-6 kişilik gruplar halinde uygulanabilmektedir (12-14). COVID-19 pandemisi süresince fiziksel inaktiviteye yönelik evde uygulanan kanıta dayalı egzersiz önerilerinin derlendiği bir yayında hastalık riskini ve mortaliteyi azaltmak için evdeki bireylere her 20-30 dakikada bir 2-3 dakikalık kısa yürüyüşlerle oturma sürelerini bölmeleri ve mümkün olduğunca günlük rutinlerine kısa yürüyüşler eklemeleri önerilmektedir (15). Ancak sağlık kazanımlarının en üst seviyede olması için kardiyorespiratuar ve kas iskelet sistemlerinde gelişmeyi hedefleyen yapılandırılmış egzersiz uygulamaları da tavsiye edilmektedir. Evde kısıtlı alanda yapılabilecek egzersizler olarak kişilerin kendi vücut ağırlıklarıyla yapabilecekleri egzersizler ile birlikte uygulanan interval egzersiz eğitimi uygun görülmektedir (16).

Liu ve arkadaşları COVID-19 geçiren yaşlı hastalara solunum rehabilitasyonu kapsamında 2 seans/hafta şeklinde toplam 6 hafta boyunca solunum kas eğitimi, öksürme egzersizleri, diyafragmatik eğitim, germe egzersizleri ve ev egzersiz programları uygulamışlardır. Sonuçta, solunum rehabilitasyonu uygulanan COVID-19 geçiren yaşlı hastalarda solunum fonksiyonu, yaşam kalitesi ve anksiyete iyileşmiştir; fakat depresyon ve günlük yaşam aktivitelerinde istatistiksel olarak anlamlı bir değişiklik gözlemlenmemiştir (17).

4. GENEL DEĞERLENDİRME VE SONUÇLAR

Mart 2020 ile Mart 2021 tarihleri arasında pandeminin ilk dekadında literatürde yayınlanan çalışmalar COVID-19'lu bireylere yönelik rehabilitasyon uygulamaları ve egzersizlerin gerekliliği konusunda hemfikirdir. Ancak bu konudaki çalışmalar çoğunlukla derleme düzeyinde kalmıştır. Bunun haklı sebepleri olarak en başta COVID-19'un hızlı yayılma ve ciddi düzeyde mortalite ve morbidite oranları gösterilmektedir. Hızlı bir şekilde gelişen bu süreçte yaşam da çok hızlı değiştiğinden henüz oldukça kısıtlı sayıda bu hastalara yönelik yapılan ileriye dönük çalışmalar mevcuttur. Bu sebeple, ileri derleme çalışmalarında COVID-19 pandemisinin etkisinin azaldığı süreçteki çalışmaların sonuçlarının verilmesi önerilmektedir.

KAYNAKÇA

1. Cascella M, Rajnik M, Cuomo A, Dulebohn SC, Di Napoli R. Features, Evaluation, and Treatment of Coronavirus. StatPearls. Treasure Island (FL)2020.
2. Clark A, Jit M, Warren-Gash C, Guthrie B, Wang H, Mercer S, et al. Global, regional, and national estimates of the population at increased risk of severe COVID-19 due to underlying health conditions in 2020: a modelling study. The Lancet Global Health. 2020;8.
3. Weekly epidemiological update - 9 February 2021: World Health Organization; 2021 [Available from: https://www.who.int/publications/m/item/weekly-epidemiological-update---9-february-2021.
4. Jain U. Effect of COVID-19 on the Organs. Cureus. 2020;12(8):e9540-e.
5. Gonzalez-Gerez JJ, Bernal-Utrera C, Anarte-Lazo E, Garcia-Vidal JA, Botella-Rico JM, Rodriguez-Blanco C. Therapeutic pulmonary telerehabilitation protocol for patients affected by COVID-19, confined to their homes: study protocol for a randomized controlled trial. Trials. 2020;21(1):588.

6. Li Z, Zheng C, Duan C, Zhang Y, Li Q, Dou Z, et al. Rehabilitation needs of the first cohort of post-acute COVID-19 patients in Hubei, China. Eur J Phys Rehabil Med. 2020;56(3):339-44.

7. İnal İnce D VYN, Sağlam M , Çalık Kütükcü E . COVID-19 enfeksiyonunda akut ve post-akut fizyoterapi ve rehabilitasyon. Turk J Physiother Rehabil. 2020;31(1):81-93.

8. Qiu G, Ji Y, Tan Y, He B, Tan C, Wang Z, et al. The effects of exercise therapy on the prognosis of patients with COVID-19: A protocol for systematic review. Medicine (Baltimore). 2020;99(51):e23762-e.

9. Li J. Rehabilitation management of patients with COVID-19: lessons learned from the first experience in China. Eur J Phys Rehabil Med. 2020;56(3):335-8.

10. Alawna M, Amro M, Mohamed AA. Aerobic exercises recommendations and specifications for patients with COVID-19: a systematic review. Eur Rev Med Pharmacol Sci. 2020;24(24):13049-55.

11. Wang TJ, Chau B, Lui M, Lam GT, Lin N, Humbert S. Physical Medicine and Rehabilitation and Pulmonary Rehabilitation for COVID-19. Am J Phys Med Rehabil. 2020;99(9):769-74.

12. Pleguezuelos E, Del Carmen A, Moreno E, Ortega P, Vila X, Ovejero L, et al. The Experience of COPD Patients in Lockdown Due to the COVID-19 Pandemic. Int J Chron Obstruct Pulmon Dis. 2020;15:2621-7.

13. Philip KE, Lewis A, Jeffery E, Buttery S, Cave P, Cristiano D, et al. Moving singing for lung health online in response to COVID-19: experience from a randomised controlled trial. BMJ Open Respir Res. 2020;7(1).

14. Alison J, McNamara R, Spencer L, Wootton S, McKeough Z, Dale M, Tsai LL, Kulas H. Delivering pulmonary rehabilitation via telehealth during COVID-19. 2020. Agency for Clinical Innovation Respiratory Network PuRe Expert Reference Group.

15. Schwendinger F, Pocecco E. Counteracting Physical Inactivity during the COVID-19 Pandemic: Evidence-Based Recommendations for Home-Based Exercise. Int J Environ Res Public Health. 2020;17(11):3909.

16. Garvey C HA, Corn J. . Pulmonary rehabilitation resources in a complex and rapidly changing world. .

17. Liu K, Zhang W, Yang Y, Zhang J, Li Y, Chen Y. Respiratory rehabilitation in elderly patients with COVID-19: A randomized controlled study. Complement Ther Clin Pract. 2020;39:101166.

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

OKÇULARDA FİZİKSEL PARAMETRELERİN İNCELENMESİ

Prof.Dr.Özlem ÇİNAR ÖZDEMİR

Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Fakültasi, Fizyoterapi ve Rehabilitasyon Bölümü, Bolu, Türkiye, ozlemcinarozdemir@gmail.com - ORC-ID: 0000-0002-9205-5652

Doç.Dr.Gülşah BARĞI

İzmir Demokrasi Üniversitesi Sağlık Bilimleri Fakültesi, Fizyoterapi ve Rehabilitasyon Bölümü, İzmir, Türkiye, gulsah.bargi@idu.edu.tr, ORC-ID: 0000-0002-5243-3997

ÖZET

Spor, insanların mental sağlıklarını olumlu bir şekilde etkilemeyi ve fiziksel faydaların yanı sıra sosyal kazanımlar sağlamayı amaçlayan bir hareketler grubudur Okçuluk, dünya çapında hem rekreasyonel bir etkinlik hem de rekabetçi bir spor olarak uygulanmaktadır. Olimpiyat Oyunları'nda yer almakta olup, düzenli olarak pek çok ulusal ve uluslararası şampiyona yapılmakta ve bu da sporun küresel popülaritesine katkı sağlamaktadır. Okçuluk, odaklanma, konsantrasyon ve iyi teknik beceriler gerektiren, okları yaydan hedefe doğru fırlatarak atış yapmayı içeren statik bir spordur (Lee, 2009). Ayrıca üst vücut gücü ve dayanıklılık, özellikle omuz kuşağı gücü gerektirmektedir. Okçuluk becerileri, okçunun hedeflere belirli bir hassasiyetle ok atabilme yeteneği olarak nitelendirilir. Bu spor dalı, belirli kaslarda çok zorlu bir etkinlik olup, tüm çevresel koşullarda, içerde veya dışarıda iyi performans sergileyebilme yeteneğini gerektirir. Yani okçuluk, fiziksel ve zihinsel yeteneklerin bir arada kullanıldığı bir spor dalıdır. Başarılı bir okçuluk performansı, sadece teknik bilgi ve becerilere değil, aynı zamanda belirli fiziksel parametrelerin etkin bir şekilde kullanılmasına da dayanır. Okçuların performansını etkileyen başlıca fiziksel parametreler; kuvvet, dayanıklılık, esneklik, denge ve koordinasyon gibi unsurlardır. Bu parametrelerin incelenmesi, okçuların daha verimli bir şekilde antrenman yapmalarını ve yaralanmalarını önlemelerini sağlamak amacıyla önemlidir. Birçok çalışma, okçunun atış hareketini inceleyerek, sporcunun performansını etkileyebilecek ve sakatlanma riskini önleyebilecek faktörleri daha iyi anlamaya çalışmıştır. Özellikle mevcut literatür, sporcunun biyomekanik ve psikofizyolojik alanlarına ilişkin çeşitli konuları izleyip analiz etmiştir. Bu incelemenin amacı, okçunun hareketine ilişkin anahtar performans göstergeleriyle ilgili en önemli bulguları özetleyerek, okçuluk performansının objektif bir değerlendirmesine giden yolu açmaktır. Mevcut literatürün incelenmesi, okçuluk disiplininde performans optimizasyonu, sporcularun performansını artırmak ve yaralanmaları önlemek için daha iyi antrenman programları tasarlamalarında ve sakatlanma öncesi gelecekteki araştırmalara yardımcı olacaktır.

Anahtar Kelimeler: Okçuluk, postür, denge, kuvvet, dayanıklılık

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

OKÇULARDA FİZİKSEL PARAMETRELERİN İNCELENMESİ

1.GİRİŞ

Spor, insanların yaşam kalitesini artırma açısından ülkelerde önemli bir rol oynamaktadır. Sağlık teşviki, iyi performans sergileme ve sporculuk değerlerinin geliştirilmesi, ulusun birleşmesi, gurur ve ilham kaynağı, gelir yaratma, kariyer oluşturma ve ülke ekonomisini geliştirme gibi birçok alanda katkı sağlar. Egzersiz yapmak, spor oynamak ve sağlığı ve zindeliği artırmaya yönelik rekreasyonel etkinliklere katılmak, toplumun her seviyesindeki insanlar arasında iyi bir etkileşim oluştururken, birçok ülkenin insan güvenliği ve sosyal güvenlik sorunlarını etkili ve verimli bir şekilde çözmek için kullanabileceği önemli bir araçtır. Spor yapmanın, dünya çapında insanların sosyal yaşam deneyimlerini geliştirmek ve birlikte mutlu bir şekilde yaşamalarını sağlamak için en etkili yollarından biri olduğu giderek daha geniş bir kabul görmektedir (1).

Spor, başarıyı artırmaya ve bireyin rekabet, heyecan ve üstünlük açısından başarısını maksimize etmeye yönelik yoğun çabalar olarak tanımlanır (2). Okçuluk, çok popüler olmayan bir spordur. Çünkü ekipmanları nispeten yüksek fiyatlıdır ve eğitim ya da öğretim yerleri diğer sporlara göre daha yaygın değildir. Hem erkek hem de kadın sporcular bu sporu yapmaktadır. (3) Okçuluk, gerektiğinde sınıflandırma kuralları altında izin verilen yardımcı cihazlarla atış yapabilen fiziksel engelli atletlere de açıktır (4). Paralimpik sporlar, engelli bireylerin uygun rekabet düzeylerinde yarışmalarına olanak sağlar (5).

2. YÖNTEM

Bu derleme çalışmasında, okçuların fiziksel parametreleri hakkında bilgi vermeyi amaçladık. Bunun için “Google Akademik, PubMed ve Scopus” üzerinden elektronik veri tabanları tarandı. Elde edilen sonuçlar aşağıda verilmiştir.

3.OKÇULARDA FİZİKSEL PARAMETRELER

Okçuluk, güç veya hız odaklı bir spor değildir. Aksine, büyük bir hassasiyetle yapılan pratik ve beceri gerektiren bir sanattır. Okçuluk, mutlak dayanıklılık, güç, esneklik, ince el koordinasyonu ve zamanlama gerektiren, istikrarlı bir spordur ve mevcut ekipman oldukça önemlidir. Bu nedenle, hem yarışma hem de antrenman için aerobik kapasite, anaerobik kapasite ve postüral kaslarda belirli bir performans gereklidir (6). Yüksek puanlar elde etmek için postüral kontrol gerektiren bir sporun iyi bir örneğidir. Ayrıca hareket kontrolü, uygun güç, üst vücut kuvveti ve denge yeteneği gerektiren statik bir spor olarak tanımlanır (7).

Okçulukta amaç; yay, hedef, ok ve atış için gerekli ekipmanlar kullanarak isabetli bir atış gerçekleştirmek ve en yüksek puanı elde etmektir. Okçulukta beceri, oku belirli bir mesafe ve belirli bir hedefe doğru bir şekilde atmaktır (8). Bireysel bir spor olan okçulukta açık hava atışlarında bayanlar 70–60–50–30 m. atarken, erkekler 90–70–50–30 m. mesafeden atış yapmaktadırlar. Salon yarışmalarında ise atışlar, 18 ve 22 metrelik mesafeden gerçekleştirilmektedir. Okçular hedefe attıkları okların isabet ettiği renk ve içinde bulundukları

daire ölçüsünde puan toplarlar (9). İsabetli bir atış yapabilmek için maksimum düzeyde vücut kontrolü, beceri ve odaklanmanın yanı sıra atış tekniğini oluşturan tüm hareketlerin senkronize şekilde tekrarlama yeteneği gerekmektedir (10,11). Okçuluk sporu, aralıklı olarak yapılan aerobik ve anaerobik aktiviteleri içermektedir. Okçular antrenmanlarda ve yarışmalarda skorlarını kontrol etmek ve oklarını almak için 70 metrelik mesafeyi 12 kez gidip gelmektedir. Bu nedenle yay kirişini çekmenin tekrarlayan hareketini gerçekleştirmek için üst ekstremite kaslarının kuvvetinin yanısıra yeterli bir aerobik kapasiteye de sahip olmaları gerekmektedir (12). Özellikle kolların ve bileklerinde güçlü ve dengeli olması önemlidir. Okçunun okunu tam istediği şekilde hedefe isabet ettirebilmesi için iyi bir konsantrasyon gereklidir (3).

Okçuluk becerileri, yay ve ok arasındaki etkileşimin doğrudan hedefe yönlendirilmesiyle gerçekleşir. Yaylar ve oklar bir bağa sahiptir ve modern teknoloji ile mükemmelleştirilmiş, bu da karmaşık bir Kendi Video sistemini (Self Video) ortaya çıkarmıştır Uygulama açısından, ok, yay teline yerleştirilir, sonra yay çekilir ve yerinde tutulur. Yay teli, okçunun yüzündeki tutma noktasına kadar çekilir. Nişan alındıktan sonra ok serbest bırakılır. El, yayı serbest bıraktıktan sonra pozisyonunu korur. Her okçuluk pratiği genellikle 3 ila 6 ok atmayı içerir. Skor sonucu, her hedefteki en yüksek puan ile en düşük puan arasındaki farkı içerir (13). Kısaca Okçuluk atış tekniği, yayı çekme, nişan alma ve yayını serbest bırakma olarak tanımlanabilir (14).

Antrenmana aerobik bir bileşen eklemek de gereklidir. Kardiyovasküler ve solunum sistemi fitness'ı gibi aerobik fitness, dışarıdan fark edilemeyecek kadar az bir etki yapabilir, ancak okçunun uzun süreli odaklanmayı ve yapıyı sürdürme yeteneği üzerinde çok önemli bir etkisi vardır. Kardiyovasküler fitness, koşu, yüzme veya kalp atış hızını uzun süreler boyunca artıran herhangi bir egzersiz programı gibi bir dizi sürekli egzersizi içerebilir. Etkinliğin analizi, etkin bir eğitim kapasitesi için uzun saatler ve yüksek kaliteli atışların yapıldığı, günde en az 150 atışın yapıldığı yarışmalar sırasında kardiyovasküler fitness ihtiyacını göstermiştir (15). Okçularla yapılan çeşitli araştırmalar, tekrarlayan atışlar sırrasında okçuların kardiyovasküler sistemi üzerinde belirgin bir stres olduğunu göstermiştir (16).

Okçuluk fitness programının temel hedefi, okçuluk becerilerini geliştirebilmek, rekabet gücünü artırmak ve başarı sağlamak için gerekli olan kas yapısı ve kardiyorespiratuar sistemleri güçlendirmektir (17). Aerobik egzersizler, kalbin dinlenme halindeki kan pompalama kapasitesini artırarak, yüksek düzeyde kondisyon kazanmış dayanıklılık sporcularında gözlemlenen bradikardiye (yavaş kalp atışı) katkıda bulunur. Bu sporcularda kalp atış hızının genellikle dakikada 40 ile 60 arasında olduğu rapor edilmiştir (18).

Daha önce belirtildiği gibi, okçuluk bir hassasiyet sporudur; bu nedenle, nefes alma ve kalp hızı kontrolü, atış sırasında vücudun stabil kalmasına yardımcı olmak için çok önemlidir (19). Birçok çalışma, özellikle bir performans sırasında okçunun kalp hızını izleyerek bu konuya odaklanmıştır, ancak güçlü kanıtlar hala eksiktir. Bir çalışmada, elit okçular arasında atış skoru ile kalp hızı arasındaki korelasyon incelenmiş, ancak iki değişken arasında anlamlı bir ilişki bulamamıştır (20). Öte yandan, Clemente ve ark. (21), uzman ve yeni başlayan okçular arasında bir analiz yaparak, deneyimli okçuların daha düşük kalp hızı ve daha iyi performans gösterdiğini rapor etmiştir. Benzer bir çalışma, Bir başka çalışmada. (22) kalp hızı değişkenliği

(HRV) ile otonom sinir sistemi modülasyonu üzerine odaklanmıştır. Çalışma, deneyimli okçuların, acemi okçulara kıyasla daha fazla parasempatik sinir sistemi aktivitesi gösterdiğini bulmuştur. Benzer şekilde, yeni başlayan okçular üzerinde yapılan bir çalışmada, HRV analizi parasempatik aktivite artışının sadece daha iyi performans gösteren okçularda belirgin olduğunu ortaya koymuştur (23). Atış doğruluğu üzerindeki kardiyo-pulmoner parametrelerin rolüne yönelik daha genel analizler, iyi bir akciğer kapasitesine, uygun bir solunum frekansına ve optimal dinlenme kan basıncına sahip olan sporcuların en yüksek puanları aldığını ortaya koymuştur (24).

Solunum; diyaframı, göğüs kafesini, karın boşluğunu ve omuzları etkileyen bir eylemdir. Etkili bir atış tekniği için sporcunun aynı anda hem nefes alıp hem de ok atması gerekir. Solunum, okçulukta tüm çekiş süreci boyunca atışın kalitesini etkileyen önemli bir eylemdir. Yanlış uygulanan bir nefes tekniği, tekrar nefes alma ihtiyacına neden olacak, bu da daha az kontrole ve konsantrasyon kaybına neden olarak performansın düşmesine yol açacaktır. Etkili nefes alabilmek için sağlıklı bir solunum sistemine sahip olmak önemlidir (25). Sporda solunum kas kuvvetinin artması sportif performansın gelişmesiyle sonuçlanmaktadır. Solunum fonksiyonlarının ve solunum kas kuvvetinin düzenli olarak değerlendirilmesi sporcularda performansın sürdürülmesinde faydalıdır (26). Bostanci ve arkadaşlarının yaptığı bir çalışmada ergenlik çağındaki okçularda (9-12 yaş arası) solunum fonksiyon ve solunum kas kuvveti değerleri ve atış performansı arasında pozitif doğrusal bir ilişki olduğu gösterilmiştir (27).

İnsanlarda denge karmaşıktır ve özellikle fiziksel aktivite sırasında dik duruşun biyomekaniğine bağlıdır. Suboksipital , suboksipital miyofasya dahil olmak üzere, başın açısal duruşundaki değişiklikleri hassas bir şekilde algılamaya imkan tanıyan mekanoreseptörler ve proprioseptörlerin yüksek yoğunluğu nedeniyle denge kontrolünde önemli bir rol oynar. Servikal hizalanmadaki dengesizlikler, özellikle suboksipital (C0-C2) hiperektansiyon, boyun ağrısına ve diğer postüral sonuçlara yol açabilir (28). C0-C2 ile ilişkili asemptomatik subklinik servikal sagital dengesizlik, göz ardı edilen anormallikler, vücudun propriosepsiyonunu ve dengesini azaltabilir, dolayısıyla spor performansını etkileyebilir. Baş hareketleri, beyin-omurilik sıvısı basıncını etkilemede önemlidir ve myodural köprü ile suboksipital kaslar bu süreçte önemli bir rol oynar (29).

Vücut dengesi, fiziksel aktivitenin sağlıkla ilgili önemli bir bileşeni olup, sporlarındaki antrenman ve yarışma sonuçlarını etkileyebilir. Postüral kontrol ve denge üzerindeki herhangi bir potansiyel fizyolojik iyileşme, performans ve spor sonuçlarında iyileşmeye dönüşebilir. Okçuluğun ana özelliği, okçunun mümkün olan en statik duruşu benimsemesidir. Prensibi, hareketlerin tekrarını ve stabilitesini sağlayarak tutarlı bir atış yapmaktır. Bu, vücut hareketsiz olduğunda (statik denge durumu) çok önemlidir. Okçuluk verimliliği, hedefe ok yerleştirerek ölçülür. Sporcuların performansını artırmaya yönelik araştırmalar, denge gibi faktörleri de incelemektedir; denge, optimal performansı bozabilecek kuvvetlere karşı koordinasyon ve kontrol sağlamaktır. Sporcular, destek alanlarının boyutunu artırarak stabilitelerini artırır (30). Hedefleme sporlarında, postüral stabilite, en yüksek performansı elde etmek için kontrol edilmesi gereken önemli bir unsur olarak kabul edilmektedir (31). Vücudun stabilitesi, ağırlık

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

merkezinin destek alanına projeksiyonuna sıkı bir şekilde bağlıdır. Düşük bir ağırlık merkezi, daha stabil bir vücuda yol açar. Okçular, statik koşullar altında olağanüstü denge ve postüral kontrol gerektirir. Dengeyi korumak için, vücudun ağırlık merkezi ile destek alanı arasındaki çizgi sabit tutulmalı ve postüral osilasyon en aza indirilmelidir. Dengeyi korumak için birden çok sistem ve girdiler koordineli bir şekilde çalışır; bunlar görsel, vestibüler ve somatosensör sistemleri içerir. Proprioseptif sistem, vücut pozisyonu ve hareketi hakkında bilgi sağlayan temel bir sistemdir. Okçular için destek alanı, ayak parmaklarının ve topuklarının uçlarını kapsayan kare bir çokgen yüzeyidir. Okçular, yaylarını önlerinde düşük tutarak başlar ve sonra uzatılmış bir kolla yukarı kaldırırlar. Bu hareket, ağırlık merkezini yükseltir ve onu hedefe en yakın ayağa kaydırır, bu da daha dengesiz bir dengeye yol açar. Boyun eklem reseptörleri, okçunun vücuduna göre başın doğru yönelimini korumasını sağlamak için sinir sistemine kritik proprioseptif bilgi sağlar (30).

Birçok çalışma, okçunun ok yayını sonrası ve öncesindeki dengesini araştırmıştır. Özellikle, vücut salınımı, yapılan 10 çalışmanın 9'unda iyi bir performans göstergesi olarak kabul edilmiştir. Farklı beceri seviyelerine sahip gruplar arasında yapılan analizler, uzman bir okçunun, acemi bir okçuya kıyasla daha stabil olduğunu ortaya koymuştur (32,33). Ayrıca, elit okçular arasında, vücut salınımının en aza indirildiği durumlarda atış puanının daha yüksek olduğu kanıtlanmıştır (34,35).

Okçuluk, özellikle üst vücut kaslarında iyi bir fiziksel kondisyon, güç ve dayanıklılık gerektiren istatistiksel bir spordur. Okçuluk teknikleri uygulanırken, özellikle yay telini çekerken, kaslar izotonik kasılmalar yaşayacaktır, özellikle ilk çekişte. Kolun tam çekilmesi sırasında, parmaklar çene ile temas etmeli ve parmaklar çenenin altına yapışmalıdır (ankraj), ayrıca yayı tutan kol tamamen kilitlenmeli ve çekiş kolu da kilitlenmelidir, böylece izometrik bir kasılma meydana gelir. Bir sporcunun fiziksel durumu, okçuluk performansını büyük ölçüde etkileyen önemli bir gösterge, kol kaslarının dayanıklılığıdır (26,36,37,38).

Kas dayanıklılığı, belirli kasların veya kas gruplarının uzun süre boyunca submaksimal seviyelerde tekrarlayan şekilde güç üretme veya bu gücü sürdürme yeteneği olarak tanımlanabilir (39). Okçularda kol kası dayanıklılığının kullanımı, yay çekme, nişan alma (tutma) ve okları bırakma sırasında gerçekleşir. İyi kas gücü ve kas dayanıklılığına sahip sporcular, okçuların zirve performans sergilemesi için büyük bir avantaj sağlar (40). Ayrıca, okçuluk, ana kas gruplarını harekete geçiren üst vücut ve kor kas gücü gerektirir (41). Okçuluk sırasında, bir kol yay tutmak (itmek) için stabil bir pozisyonda kullanılırken, diğer kol yay telini çeker ve ok serbest bırakılana kadar ok hedef hizalamasını tutmaya yönelik kas titremeleri artar (42). Bu nedenle, vücut koordinasyonu, bu tür bir sporda performansı artıran önemli bir unsurdur (43). Bir kişinin iyi ya da kötü koordinasyon seviyesi, hareketi düzgün, hassas, hızlı ve verimli bir şekilde yapma yeteneğiyle yansıtılır (44). Okçulukta atış yapmak sadece fiziksel eğitim değil, aynı zamanda yüksek zihinsel konsantrasyon, odaklanma ve koordinasyon gerektirir (45).

4.GENEL DEĞERLENDİRME VE SONUÇLAR

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

Okçuluk, tarihsel olarak eski bir savaş ve avcılık aracı olarak kullanılmış, günümüzde ise bir spor dalı olarak yaygın bir şekilde uygulanmaktadır. Bu spor dalı, bireylerin hedefe doğru ok atma becerilerini geliştirirken, aynı zamanda fiziksel parametrelerin de önemli bir rol oynadığı bir aktivitedir. Okçuluğun başarıyla icra edilebilmesi için vücut kontrolü, kuvvet, esneklik, denge, hız, dayanıklılık ve koordinasyon gibi fiziksel parametreler büyük bir öneme sahiptir. Bu unsurlar, okçunun atış yaparken doğru duruşu koruması, okunu doğru şekilde çekmesi ve hedefi doğru şekilde vurabilmesi için gereklidir.

Fiziksel parametreler, okçuluğun sadece teknik yönlerini değil, aynı zamanda sporcu sağlığını ve performansını da doğrudan etkiler. Örneğin, okçunun kas yapısı, omuz, kollar ve bel bölgesindeki dayanıklılık ve güç, ok atışını yaparken sağlanan stabiliteyi ve doğruluğu etkilerken, esneklik de okçunun hareket kabiliyetini ve atış sırasında gerekli olan açıyı alabilmesini sağlar. Aynı şekilde, zihinsel odaklanma ve görsel algılama yeteneği gibi psikolojik faktörler de fiziksel parametrelerle birleşerek başarılı bir atışın gerçekleştirilmesinde etki sağlar. Bu bağlamda, okçulukta fiziksel parametrelerin anlaşılması ve geliştirilmesi, sporcuların hem antrenman hem de yarışma dönemlerinde yüksek performans göstermelerine yardımcı olur. Fiziksel uygunluk ve teknik becerilerin entegrasyonu, okçulukta başarı için temel faktörlerden biridir.

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

KAYNAKÇA

1. Sports Authority of Thailand. (2017). National Sports Authority of Thailand Strategic Plan, 6th Edition (2017 - 2021).Bangkok: SVG Trade Organization Printing
2. Mujika, I., Halson, S., Burke, LM., Balagué, G., Farrow, D. (2018). An integrated, multifactorial approach to periodization for optimal performance in individual and team sports, Int J Sports Physiol Perform, 13(5):538–561https:// doi. org/ 10. 1123/ ijspp. 2018- 0093.
3. Rodma, G., Khaowanna, Y., Hemara, C**.** (2022). Administration and management strategies of archery athletes for excellence, Journal of Positive Psychology and Wellbeing, 6:2.
4. Bellar, D., Hatchett, A., Judge, LW., Breaux, ME., Marcu,s L. (2015). The relationship of aerobic capacity, anaerobic peak powerand experience to performance in CrossFit exercise, Biol Sport, 32(4):315–320. https:// doi. org/ 10. 5604/ 20831 862. 11747 71.
5. Blauwet, C., Willick, SE. (2012). The paralympic movement: usingsports to promote health, disability rights, and social integrationfor athletes with disabilities, PM&R, 4(11):851–856.
6. “Understanding motor development: ınfants, children, adolescents adults.” https:// www. jblea rning. com/ catal og/ produ ctde ails/ 97812 84174 946. Accessed 30 Oct 2020.
7. The comparıson of balance abılıtıes of recurve, compoundand tradıtıonal archery: a prelımınary study.” [Online]. https://www. resea rchga te. net/ publi cation/ 29374 3391_ The_ Comparıson_ Of_ Balan Ce_ Abılı Tıes_ Of_ Recur Ve_ Compound_ And_ Tradı Tıonal_A Rche Ry_A_ Prelım Inary_Study. Accessed 30 Oct 2020.
8. Leroyer, P., Van Hoecke, J. ve Helal, J. 1993. Biomechanical study of the final push-pull in archery, Journal of Sports Sciences, 11(1), 63-69.
9. Kolayiş, İ E. (2000). Okçuluk milli takımının antreman ortamında kalp atım hızı ve nişan alma süresinin atış puanı üzerindeki etkileri Doktora tezi, Sakarya Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Sakarya, 2000.
10. Ertan H. Okçulukta Kassal Aktivasyon, Nisan Kitabevi, Ankara, 2013.
11. Konttinen, N., Landers, D. ve Lyytinen, H. (2000). Aiming routines and their electrocortical concomitants among competitive rifle shooters, Scandinavian journal of medicine & science in sports, 10(3), 169-177.
12. Antonov, S., Briskin, Y., Perederiy, A., Pityn, M., Khimenes, K., Semeryak, Z., et al. (2017). Improving technical preparedness of archers using directional development of their coordination skills on stage using the specialized basic training, Journal of Physical Education and Sport,17(262-8).
13. Vendrame,E., Belluscio, V., Truppa, L., Rum, L., Lazich, A., Bergamini, E., Mannini A. Performance assessment in archery: a systematic review, Sports Biomechanics, https://doi.org/10.1080/14763141.2022.2049357
14. McKinney, W., & McKinney, M. Archery, (8th ed.), Madison WI: Brown & Benchmark. 1997.
15. Tinazci C. (2001). The Analysis of Shooting Dynamics in Archery, The Sport Psychologist, 16, 272-290

16. Carillo, A. E., I Sur. (2011). Autonomic nervous system modulation during an archery competition in novice and experienced adolescent archers, J Sport Sci, 29(9): 913-7.
17. Musta, AM. Precision Archery: Achieving a physical edge. Edited by Steve Ruis and Claudia Stevenson, Human Kinetic, 2004Pp. 63-86, ISBN0736046348.
18. Guyton, A C. (1991). Textbook of Medical Physiology, 8th ed. Philadelphia: Saunders.
19. Lo Presti, D., Romano, C., Massaroni, C., D'Abbraccio, J., Massari, L., Caponero, M. A., Oddo, C. M.,Formica, D., & Schena, E. (2019). Cardio-respiratory monitoring in archery using a smart textilebased on flexible fiber Bragg grating sensors, Sensors, (Switzerland), 19(16), 3581. https://doi.org/10.3390/s19163581 .
20. Açıkada, C., Hazır, T., Asçı, A., Aytar, S. H., & Tınazcı, C. (2019). Effect of heart rate onshooting performance in elite archers, Heliyon, 5(3), 1–11. https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2019.e01428
21. Clemente, FM., Couceiro, MS., & Mendes, R. (2011). Study of the heart rate and accuracy performance of archers, Journal of Physical Education and Sport, 11(44), 434–437.
22. Carrillo, AE., Christodoulou, VX., Koutedakis, Y., Flouris, AD. (2011). Autonomic nervoussystem modulation during an archery competition in novice and experienced adolescentarchers, Journal of Sports Science, 29(9), 913–917. https://doi.org/10.1080/02640414.2011.568514
23. Eswaramoorthi, V., Abdullah, MR., Musa, RM., Maliki, AB., Kosni, NA., Raj, NB., Alias, N., Azahari,H., Mat-Rashid, SM., Juahir, H. (2018). A multivariate analysis of cardiopulmonary parameters inarchery performance, Human Movement, 19(4), 35–41. https://doi.org/10.5114/hm.2018.77322
24. Tok, S., Ni, D., Zekioğlu, A., Çatıkkaş, F., Balıkçı, İ., & Doğan, E. (2020). Autonomiccardiac activity among novice archers during baseline, shooting, and recovery, Journal of Strengthand Conditioning Research, 34(9), 2627–2635. https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000002640
25. Lomax, ME., McConnell, AK. (2003). Inspiratory muscle fatigue in swimmers after a single 200 m swim, J Sport Sci, 21: 659–664.
26. Jurić, I., Labor, S., Plavec, D., Labor, M. (2019). Inspiratory muscle strength affects anaerobic endurance in professional athletes, Arh Hig Rada Toksikol, 70(1):42-8.
27. Bostanci, Ö., Kabadayi, M., Mayda, MH., Yilmaz, AK., Yilmaz, C. (2021). The relationship between shooting performance and respiratory muscle strength in archers aged 9-12, Baltic Journal of Health and Physical Activity, 13(3), 4.
28. Patwardhan, AG., Havey, RM., Khayatzadeh S, et al. Postural consequences of cervical sagittal imbalance: A novel laboratory model, Spine (Phila Pa 1976), 2015;40(11):783-92
29. Ma, Y., Tang, W., Gong, DZ., et al. The morphology, biomechanics, and physiological function of the suboccipital myodural connections, Sci Rep, 2021;11(1):8064
30. Manent, L., Henrique da Fonseca, RA., Angulo, O. (2023). Enhancing Body Balance and Performance in Elite Archery Athletes: The Impact of Atlasprofilax Intervention on Suboccipital Myofascia Am J Case Rep,; 24: e939824 DOI: 10.12659/AJCR.939824
31. Era, P., Konttinen, N., Mehto, P., Saarela, P., Lyytinen, H. (1996). Postural stability and skilledperformance—A study on top-level and naive rifle shooters, Journal of Biomechanics, 29(3),301–306. https://doi.org/10.1016/0021-9290(95)00066-6

32. Simsek, D., Cerrah, AO., Ertan, H., Soylu, RA. (2018). Muscular coordination ofmovements associated with arrow release in archery. South African Journal for Researcin Sport, Physical Education and Recreation, 40(1), 141–155. https://doi.org/10.1016/j.humov.2006.05.002
33. Shinohara, H., & Urabe, Y. (2018). Analysis of muscular activity in archery: A comparison of skill level, The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness, 58(12), 1752–1758. https://doi.org/10.23736/S0022-4707.17.07826-4
34. Tinazci, C. (2011). Shooting dynamics in archery: A multidimensional analysis from drawing toreleasing in male archers, Procedia Engineering, 13, 290–296. https://doi.org/10.1016/j.proeng.2011.05.087.
35. Zawi, K., Mohamed, M. (2013). Postural sway distinguishes shooting accuracy among skilled recurve archers, Online Journal of Recreation and Sport, 2(4), 21–28.
36. Choi, S., Ok, G. (2016). The Role of Gukgung in the Success of South Korean Archery, Int J Hist Sport, 33(9):990–1007.
37. Park, JW., Tan TC., Park HU. (2016). Interrogating the key policy factor behind South Korea's archery success, Int J Hist Sport, 33(5):523–44.
38. Al-Jaber, KAH., Shandal, BAH. (2021). Strength Training of the Elastic Ropes Of the Archer's Arm and Its Relationship to Some Bio Cinematics Variables and Achievement of the Effectiveness of Discus Throwing for the Iraqi Champion for the Handicapped Category F551-Definition of Research, Indian J Forensic Med Toxicol, 15(3):5240–4.
39. Salonikidis, K., Papageorgiou, K., Meliadis, A., Arabatzi, F. (2021). Force steadiness during submaximal isometric plantar and dorsiflexion in resistance training: experienced vs non-experienced individuals, Cent Eur J Sport Sci Med, 34(02).
40. Putra, GN., Hidayatullah, MF., Purnama, SK. (2022). Relationship of Arm Muscle Strength, Arm Muscle Endurance, Abdominal Strength and Balancewith Arrow Achievement, Int J Multidiscip Res Anal, 5(01).
41. Suppiah, PK., Musa, RM., Wong, T., Kiet, K., Abdullah, MR., Bisyri A., et al. (2017). Sensitivity prediction analysis of the contribution of physical fitness variables on Terengganu Malaysian youth archers' shooting scores, Int J Pharm Sci Rev Res,43(1):133–9.
42. Savvides, AD., Giannaki, C., Vlahoyiannis AS., Stavrinou, P., Aphamis, G. (2020). Effects of dehydration on archery performance, subjective feelings and heart rate during a competition simulation, J Funct Morphol Kinesiol, 5(3):67.
43. Ergen, E., Hazir, T., Celebi, M., Kin-Isler, A., Aritan, S., Yaylıoglu, VD., et al. (2021). Effects of beta-blockers and tuning on archery performance, body sway and aiming behaviour, BMJ open Sport Exerc Med, 7(2):e001071.
44. Jeannerod, M. The contribution of open-loop and closed-loop control modes in prehension movements, In: Preparatory States & Processes. Psychology Press;. p. 323–37, 2019.
45. Li, PXL., Chan, CSC., Lai, KKY., Wong, JPC., Tsang, WWN. (2019). Effects of a Single-Dose of Mind-Body Practice on the Heart Rate Variability, Brain Activity and Shooting Performance in Archers: A Pilot Study, Yangtze Med, 3(2):124–34.

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

INVESTIGATION OF THE RELATIONSHIP BETWEEN GRIP STRENGTH AND COUGH STRENGHT IN ELDERLY PEOPLE LIVING IN A NURSING HOME: PILOT STUDY

Çağlayan Pınar ÖZTÜRK
Süleyman Demirel Üniversitesi/ISHMYO, Terapi ve Rehabilitasyon Bölümü,
caglayanozturk@sdu.edu.tr- https://orcid.org/0000-0002-7049-9746

Neriman TEMEL AKSU
Akdeniz Üniversitesi/Fizyoterapi ve Rehabilitasyon Bölümü,
nerimantemelaksu@akdeniz.edu.tr - https://orcid.org/0000-0001-7455-8697

Zeliha BAŞKURT
Süleyman Demirel Üniversitesi/Fizyoterapi ve Rehabilitasyon Bölümü,
zelihabaskurt@sdu.edu.tr- https://orcid.org/0000-0001-7488-9242

Ferdi BAŞKURT
Süleyman Demirel Üniversitesi/Fizyoterapi ve Rehabilitasyon Bölümü,
ferdibaskurt@sdu.edu.tr- https://orcid.org/0000-0002-8997-4172

ÖZET

Bu çalışmanın amacı huzurevinde yaşayan yaşlılarda kavrama kuvveti ile öksürme kuvveti arasındaki ilişkinin incelenmesidir. Çalışmada 65 yaşının üzerinde, huzurevinde yaşayan, günlük yaşam aktivitelerinde bağımsız, bilişsel problemi olmayan, kronik ortopedik veya nörolojik hastalığı olmayan yaşlılar değerlendirilmiştir. Katılımcıların el kavrama kuvveti Jamar Hidrolik El Dinamometresi kullanılarak, Zirve Ekspiratuar Akım Hızı (PEFR) ve Tepe Öksürük Akımı (TÖA) PEFRmetre kullanılarak ölçülmüştür. Elde edilen sonuçlar SPSS 25 programı ve Pearson Korelasyon Analizi ile değerlendirilmiştir. Katılımcıların demografik verileri değerlendirildiğinde yaş ortalaması 74,15 (±8,70), VKİ ortalaması 26.77 (±5.10), sahip olduğu kronik hastalık ortalaması 2, kullandığı ilaç sayısı ortalaması 4 olarak tespit edilmiştir. Zirve Ekspiratuar Akım Hızı ile Öksürük Kuvveti istatistiksel olarak anlamlı düzeyde, pozitif yönde ve yüksek düzeyde ilişkilidir (r:940 p=,000). Kavrama kuvveti PEFR ile (r:725 p=,000) ve TÖA ile (r:789 p=,000) istatistiksel olarak anlamlı düzeyde, pozitif yönde ve yüksek düzeyde ilişkili bulunmuştur. Bu çalışmada Kavrama Kuvveti ile PEFR ve TÖA çift yönlü ve pozitif bir ilişki olduğu görülmüştür. Gelecekteki çalışmalarda büyük bir örneklemde ilişki durumu ve nedensellik ilişkisi değerlendirilebilir. Bu çalışma kavrama kuvvetinin solunum fonksiyonları ile ilişkili olduğunu gösteren önceki çalışmaları desteklemektedir. Kullanılan cihazların kullanım basitliği toplumsal çalışmalardaki değerlendirmeler için umut vericidir.

Anahtar Kelimeler: Huzurevi, Yaşlılar, Zirve Ekspiratuar Akım Hızı, Öksürük Kuvveti.

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

1. INTRODUCTION

Aging is a multidimensional process with chronological, physiological, psychological, sociological and economic dimensions. In our country and in the world, individuals over the age of 65 are elderly, while individuals between the ages of 65-75 are considered as young elderly, 75-85 as middle-aged, and more than 85 as late elderly. Studies on geriarthritis are becoming more and more multidimensional in our country. In terms of physiotherapy, strength deficiencies and musculoskeletal injuries that occur with aging are the general context of geriatric rehabilitation.

Sarcopenia refers to the loss of general body muscle mass and strength seen in old age. As a result, it is a health indicator that even determines the age of death by negatively affecting the quality of life and functional capacity of the elderly. Sarcopenia is a condition defined by certain criteria accepted worldwide and may represent a condition that is more advanced than natural aging. Some older people in the same age group are sarcopenic while others are not.

In the literature, sarcopenia has been found to be related to exercise, nutrition, physical activity and body fat percentage as well as obesity, fall risk and diabetes. According to the criteria set by the European Working Group on Sarcopenic Seniors (EWGSOP) for sarcopenia; elderly people over the age of 65 who cannot complete the 4-meter walk test less than 0.8 m/sec and elderly people whose grip strength is less than 20 mmHg in women and 30 mmHg in men despite passing this test are considered sarcopenic (Santilli et al., 2014). Taekama et al. also has observed the functional capacity and psychosocial status of the elderly people whose grip strength was evaluated in their study and reported that grip strength is a value indicating the functional level and mental status of the elderly (Taekama et al., 2010). Another study examined the relationship between cognitive status and grip strength, concluding that there is a unidirectional association between cognitive functions and grip strength (Taekama et al., 2012). Although it cannot be said that individuals with better grip strength had better cognitive status, individuals with better cognitive status had better grip strength. Studies related to grip strength have mostly focused on cognitive, functional activity level, physical and psychological well-being (Taekama et al., 2012).

Grip strength is an objective assessment criterion that gives an idea about overall muscle strength in the elderly. With a different approach to the importance of the value of the grip, Bautmans et al. have demonstrated that grip endurance in old age may be related to fatigue and inflammatory responses. This study has suggested that grip strength may be an evaluation criterion in elderly people complaining of fatigue (Bautmans et al. 2006).

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

Another condition expected in old age is the loss of respiratory function. Decreased neurological stimulation, decreased cardiac output, decreased muscle strength, decreased respiratory compliance, and decreased pulmonary function test values are indicators of this condition in the elderly. In this process, respiratory mechanics are impaired, and exercise tolerance is weakened (Watsford et al., 2007). 12. Simões et al. assessed elderly people in different decades and tried to observe whether the decrease in the strength of respiratory muscles is directly proportional to age and concluded that respiratory muscles weaken in proportion to age (Simões et al., 2009). Efstathiou et al. have reported a positive correlation between Grip Strength and İnspiratory Muscle Strength (IMF) in young and middle-aged individuals, which they have related to the diaphragm being a muscle tissue (Efstathiou et al., 2016). Özyürek et al. reported that grip strength and cough strength were related in young people, and Shin et al. reported that leg muscle strength and inspiratory muscle strength were related in the elderly (Shin et al., 2017; Özyürek et al., 2018). Ohara et al. (2018) reported that MIP and MEP values for community-dwelling elderly were different in individuals with and without sarcopenia (Ohara et al., 2018).

There are studies indicating that grip strength can be used as an evaluation criterion in patients with impaired respiratory function in addition to the elderly population. While the 6-min walk test is a frequently used follow-up method in patients with impaired lung function, grip strength has become increasingly important in recent years. Kovarik et al. stated that for chronic obstructive pulmonary disease (COPD) patients, grip strength is more useful than the 6-min walk test to determine the stage of the disease and to evaluate the functional status of the patient. In addition, there are studies showing that there is a relationship between the decrease in respiratory capacity and grip strength deficits in hemiplegia patients due to respiratory muscle dysfunction (Kovarik et al., 2018; Li et al., 2024).

In the above studies, grip strength was associated with respiratory function in healthy subjects and patients. The relationship between grip strength and another respiratory parameter, cough force (PEFR and PCF), is a current research topic. The selected respiratory parameters are quickly accessible and simple to use devices for researchers. If a relationship is found, it can be used in studies to be conducted in larger populations.

In the light of all this information, our study was planned to “Investigate the Relationship Between Grip Strength and Cough Strength in Elderly Women Living in a Nursing Home”.

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

2. EXPERIMENTAL STUDIES

Healthy elderly women aged 65 years and over who were residents of nursing homes in two centers were included in the study. All participants were thoroughly informed about the study's objectives and methodology, and their consent was obtained prior to their inclusion in the research.

The evaluations were carried out through face-to-face interviews. Data on participants' age, height, weight, marital status, educational background, and the presence of chronic diseases were collected using a standardized demographic form. Cognitive functions of the individuals participating in the study were measured by Standardized Mini Mental Test, hand grip strength was measured by Jamar Hand Dynamometer, PEFR and PCF values were measured by Clement Clarke Mini Wright Peak Flow Meter (PEFmeter). All evaluations were performed by a single investigator in the two centers mentioned at the beginning.

Inclusion Criteria:

- Volunteering to participate in the study,
- Being over 65 years of age,
- No cognitive dysfunction with a Mini Mental Test score of 24 or higher,
- Not having an orthopedic or neurological condition,
- To be independent in activities of daily living.

Exclusion Criteria:

- Uncontrolled hypertension, cardiac arrhythmia, cardiovascular disease,
- Severe chest wall deformity (scoliosis/kyphosis),
- Having malignancy and receiving chemotherapy or radiotherapy that causes malignancy.

2.1. Standardized Mini Mental Test (SMMT)

The Standardized Mini Mental Test (SMMT), which was first developed by Folstein et al. and found to be valid and reliable in the diagnosis of mild dementia in the Turkish population, was used to assess the mental status of the patients (Güngen et al., 2002). The test evaluates multiple cognitive domains, including orientation, memory encoding, attention and calculation, recall, and language skills. Administering the test typically requires around 30 minutes. In Turkey, the cut-off score for mild to moderate dementia is calculated as 23/24 (Güngen et al., 2002).

2.2. Dominant Hand Grip Force Measurement (Hand Grip)

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

The grip strength of participants was assessed using a hand dynamometer. Measurements were conducted with participants seated on a chair with arm support, their elbows flexed, the inner side of the elbow facing upwards, and their wrists in a neutral position. Participants were instructed to hold the dynamometer with their thumb on one side and four fingers on the other, then squeeze it at their maximum effort three times, with a one-minute rest interval between attempts. The highest value from the three trials was recorded (Bohannon et al., 2008). Grip strength was evaluated for both hands.

2.3. Peak Ekspiratuar Flow Rate (PEFR)

Peak Expiratory Flow Rate (PEFR) can be measured with simple, easily applicable instruments called PEFmeters. In addition, the patient's Peak Cough Flow (PCF) can also be measured with a PEFR meter (Ulubay et al., 2017). Clement Clarke Mini Wright Peak Flow Meter (PEFmeter) was used for both. It is important to perform the measurement correctly for PEFR. If the participant has done any work, he/she is expected to sit down, and rest and the respiratory function is expected to return to normal. The participant is asked to make a maximum inspiration, then wait for 2 seconds and then blow maximally into the mouthpiece of the device, ensuring that no air escapes from the side of the mouth and nose. This blowing time should be within a 1 s time frame. The dentures can remain if they do not interfere too much with the fit of the device. Three repeated PEFR maneuvers should be performed, and the maximum level should be recorded.

Peak Cough Flow (PCF) is measured under the same conditions. The difference is that in the PCF measurement position, the participant is asked to cough. The highest value seen on the device is recorded. This represents the maximum Flow of the participant's **P**eak **C**ough **Flow** (Özyürek et al. 2018)

3. RESULTS AND EVALUATION

Of the participants in this study, 9 were male and 11 were female (20 in total). 5 of the participants (25%) were smokers. In addition, 2 participants had diabetes, 11 participants had hypertension, 3 participants had low bone mineral density, and 9 participants had urinary incontinence. All participants were right dominant.

Table 1. Demographic Parameters

Parameters	**Minimum**	**Maximum**	**Mean**	**Standard Deviation**

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

Height (cm)	150,00	185,00	164,00	0,105
Weight (kg)	47,00	95,00	71,75	14,650
Age (years)	60	89	74,15	8,701
Number of Chronic Diseases	0	5	2,10	1,294
Number of Medicines	0	15	4,05	3,993
Number of participants N=20				

Peak Expiratory Flow Rate and Peak Cough Flow were found to be statistically significantly, positively and highly correlated (r:940 p=.000).

Grip strength was statistically significantly, highly and positively correlated with Peak Expiratory Flow Rate and Peak Cough Flow for both right and left sides. Right side grip strength was highly correlated with PEFR (r:725 p=.000). Grip strength on the left side shows a strong correlation with PEFR ($r = 0.750$, $p < 0.001$). Similarly, right-side grip strength is highly correlated with PCF ($r = 0.789$, $p < 0.001$), and left-side grip strength also demonstrates a significant correlation with PCF ($r = 0.772$, $p < 0.001$).

Table 2. Relationship between grip Flow and PEFmeter

		Peak Expiratory Flow Rate	Peak Cough Flow	Grip Strength (Right)	Grip Strength (Left)
Peak Expiratory Flow Rate	r	1	0,940**	0,725**	0,750**
	Sig. (2-tailed)		0,000	0,000	0,000
Peak Cough Flow	r	0,940**	1	0,789**	0,772**
	Sig. (2-tailed)	0,000		0,000	0,000
Grip Strength (Right)	r	0,725**	0,789**	1	0,792**
	Sig. (2-tailed)	0,000	0,000		0,000

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

Grip Strength (Left)	r	0,750**	0,772**	0,792**	1
	Sig. (2-tailed)	0,000	0,000	0,000	
	N	20			
**Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed). r: Pearson Correlation Coefficient					

4. GENERAL EVALUATION AND CONCLUSIONS

In recent years, the number of studies suggesting that grip strength may be a marker of health-related parameters in both healthy and patient individuals has increased. When the results in the literature are examined, the fact that grip strength is associated with clinical and prognostic factors explains the reason for this interest.

Deficiencies in respiratory function are expected in old age. Decreased neurological stimulation, decreased cardiac output, decreased muscle strength, decreased respiratory compliance and decreased pulmonary function test values are indicators of this condition in the elderly. In this process, respiratory mechanics are disrupted, and exercise tolerance is decreased (Watsford et al., 2007). These impairments have been found to be directly correlated with age (Simões et al., 2009).

In this study, right and left grip strength and PEFR were measured in 20 elderly individuals to estimate lung function using grip strength. As a result, notable correlations were identified between grip strength and peak expiratory flow rate (PEFR) in elderly individuals.

Studies in the literature evaluated grip strength and cough strength in young healthy individuals (Özyürek et al., 2018) or functional respiratory parameters (FEV1, FVC) and found them to be related (Davies, 1992; Burchfiel et al, 1997; Hornby et al., 2005; Deary et al., 2006; Rożek-Piechura et al., 2014; Sillanpää et al., 2014; Bae et al. 2015; Schweitzer et al., 2017; Mgbemena et al., 2019; Zhu et al., 2020). Efstathiou et al. found that grip strength and inspiratory muscle strength (IMF) were positively correlated in young and middle-aged individuals and attributed this to the diaphragm being a muscle tissue (Efstathiou et al., 2016). In another study, it was found that MIP and PCF were associated with grip strength in the elderly, while maximum expiratory flow rate (MEP) was not (Bahat et al., 2014). Ohara et al. reported that MIP and

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

MEP values for community-dwelling elderly were different in individuals with and without sarcopenia (Ohara et al., 2018).

Grip strength is an indicator of overall skeletal muscle strength and may have an indirect impact on lung function. The physiological basis of this study lies in the strong association between skeletal muscle strength and the strength of the diaphragm and other respiratory muscles. Our results, along with consistent results from similar studies in the literature, highlight a significant relationship between grip strength and functional respiratory parameters. Further research involving diverse parameters is crucial to better understand the relationship between grip strength and lung function. Relevant studies with similar objectives were reviewed. A study by Smith et al. (2018) demonstrated a positive correlation between hand grip strength and lung volumes, with a 250-300 mL increase in FEV1 per standard deviation, in a cohort of healthy adolescents not involved in regular physical activity. A cross-sectional study in Korea on older women revealed a positive relationship between hand grip strength and FVC (Son et al., 2018). In an acute medical department, a study involving 50 individuals aged over 70 examined the relationship between hand grip strength and pulmonary function. Among spirometric parameters such as FEV1, FVC, peak expiratory flow, and peak cough flow, only peak cough flow demonstrated a significant association with hand grip strength. The overall correlation between hand grip strength and pulmonary function, however, was found to be weak (Holmes et al., 2017).

Grip strength assessment can be considered as an alternative method when methods assessing functional capacity cannot be used in elderly individuals. However, more studies are needed to support the relationship between grip strength and respiration. In general, when the studies are examined, it is remarkable that there are insufficient studies evaluating the relationship between peripheral muscle strength and coughing, which reflects the role of respiratory muscles more functionally and emphasizes its importance in the prevention of pulmonary complications in the clinic.

We think that our study has clinical importance in this respect. Accordingly, the results of this study may enlighten future research and rehabilitation assessment protocols regarding the usefulness of grip strength in predicting coughing strength in elderly people with respiratory problems.

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

REFERENCES

1. Bae, J. Y., Jang, K. S., Kang, S., Han, D. H., Yang, W., Shin, K. O. Correlation between basic physical fitness and pulmonary function in Korean children and adolescents: a cross-sectional survey, Journal of Physical Therapy Science, 27(9), 2687–2692, 2015.
2. Bahat, G., Tufan, A., Ozkaya, H., Tufan, F., Akpinar, T. S., Akin, S., Karan, M. A. Relation between hand grip strength, respiratory muscle strength and spirometric measures in male nursing home residents, The Aging Male, 17(3), 136-140, 2014.
3. Bautmans, I., Gorus, E., Njemini, R., Mets, T. Handgrip performance in relation to self-perceived fatigue, physical functioning, and circulating IL-6 in elderly persons without inflammation, BMC Geriatrics, 6(1), 1-8, 2006.
4. Bohannon R. W. Hand-grip dynamometry predicts future outcomes in aging adults, Journal of Geriatric Physical Therapy (2001), 31(1), 3-10, 2008.
5. Burchfiel, C. M., Enright, P. L., Sharp, D. S., Chyou, P.-H., Rodriguez, B. L., Curb, J. D. Factors Associated with Variations in Pulmonary Function Among Elderly Japanese-American Men, Chest, 112(1), 87–97, 1997.
6. Davies, G. J. Compendium of isokinetics in clinical usage and rehabilitation techniques. Simon & Schuster, 1992.
7. Deary, I. J., Whalley, L. J., Batty, G. D., Starr, J. M. Physical fitness and lifetime cognitive change, Neurology, 67(7), 1195–1200, 2006.
8. Efstathiou, I. D., Mavrou, I. P., & Grigoriadis, K. E. Correlation between maximum inspiratory pressure and hand-grip force in healthy young and middle-age individuals, Respiratory Care, 61(7), 925-929, 2016.
9. Güngen, C., Ertan, T., Eker, E., Yaşar, R., Engin, F. Standardize Mini Mental Test'in Türk toplumunda hafif demans tanısında geçerlik ve güvenilirliği, Türk Psikiyatri Dergisi, 13(4), 273-81, 2002.
10. Holmes, S. J., Allen, S. C., Roberts, H. C. Relationship between lung function and grip strength in older hospitalized patients: a pilot study, International Journal of Chronic Obstructive Pulmonary Disease, 12, 1207–1212, 2017.
11. Hornby, S. T., Nunes, Q. M., Hillman, T. E., Stanga, Z., Neal, K. R., Rowlands, B. J., ... et al. Relationships between structural and functional measures of nutritional status in a normally nourishedpopulation, Clinical Nutrition, 24(3), 421–426, 2005.

12. Kovarik, M., Joskova, V., Patkova, A., Koblizek, V., Zadak, Z., Hronek, M. Hand grip endurance test relates to clinical state and prognosis in COPD patients better than 6-minute walk test distance, International Journal of COPD, 13, 3429-3435, 2018.

13. Li, M., Huang, Y., Chen, H., Wang, S., Zhou, Y., Zhang, Y. Relationship between motor dysfunction, the respiratory muscles and pulmonary function in stroke patients with hemiplegia: a retrospective study, BMC Geriatrics, 24(1), 59, 2024.

14. Mgbemena, N., Jones, A., Leicht, A. S. Relationship between handgrip strength and lung function in adults: Asystematic review, Physiotherapy Theory and Practice, 38(12), 1908-1927, 2022.

15. Ohara, D. G., Pegorari, M. S., Oliveira Dos Santos, N. L., de Fátima Ribeiro Silva, C., Monteiro, R. L., Matos, A. P., Jamami, M. Respiratory Muscle Strength as a Discriminator of Sarcopenia in Community-Dwelling Elderly: A Cross-Sectional Study, The Journal of Nutrition, Health & Aging, 22(8), 952–958, 2018.

16. Özyürek, S., Aktar, B. Sağlıklı Kişilerde Kavrama Kuvveti ile Öksürme Kuvveti Arasındaki İlişkinin İncelenmesi, Sağlık Bilimleri ve Meslekleri Dergisi, 5(1), 39-43, 2018.

17. Rożek-Piechura, K., Ignasiak, Z., Sławińska, T., Piechura, J., Ignasiak, T. Respiratory function, physical activity and body composition in adult rural population, Annals of Agricultural and Environmental Medicine, 21(2), 369–374, 2014.

18. Santilli, V., Andrea, B., Massimilano, M., Marco, P. Clinical definition of sarcopenia. Clinical Cases in Mineral and Bone Metabolism, 11(3), 177-180, 2014.

19. Schweitzer, L., Geisler, C., Johannsen, M., Glüer, C. C., Müller, M. J. Associations between body composition, physical capabilities and pulmonary function in healthy older adults, European Journal of Clinical Nutrition, 71(3), 389–394, 2017.

20. Shin, H. I., Kim, D. K., Seo, K. M., Kang, S. H., Lee, S. Y., Son, S. Relation Between Respiratory Muscle Strength and Skeletal Muscle Mass and Hand Grip Strength in the Healthy Elderly, Annals of Rehabilitation Medicine, 41 (4): 686-692, 2017.

21. Sillanpää, E., Stenroth, L., Bijlsma, A. Y., Rantanen, T., McPhee, J. S., Maden-Wilkinson, T. M., ... et al. Associations between muscle strength, spirometric pulmonary function and mobility in healthy older adults. AGE, 36(4), 966, 2014.

22. Simões, R. P., Castello, V., Auad, M. A., Dionísio, J., Mazzonetto, M. Prevalence of reduced respiratory muscle strength in institutionalized elderly people, Sao Paulo Medical Journal = Revista Paulista de Medicina, 127(2), 78–83, 2009.

23. Smith, M. P., Standl, M., Berdel, D., von Berg, A., Bauer, C. P., Schikowski, T., Koletzko, S., Lehmann, I., Krämer, U., Heinrich, J., Schulz, H. Handgrip strength is associated with improved spirometry in adolescents, PloS one, 13(4), e0194560, 2018.

24. Son, D. H., Yoo, J. W., Cho, M. R., Lee, Y. J. Relationship Between Handgrip Strength and Pulmonary Function in Apparently Healthy Older Women, Journal of the American Geriatrics Society, 66(7), 1367–1371, 2018.

25. Taekama Diana, Gussekloo Jacobjin, Majer B. Andrea, Westendorp Rudi G.J., De Craen Anton J. M., Hand Grip Strenght as a predictor of Functional Psychological and Social Health. A prospective Population Based Study Among the oldest old, Age and Aging, 331-334, 2010.

26. Taekema, D. G., Ling, C. H., Kurrle, S. E., Cameron, I. D., Meskers, C. G., Blauw, G. J., Westendorp, R. G., de Craen, A. J., Maier, A. B. Temporal relationship between handgrip strength and cognitive performance in oldest old people, Age and ageing, 41(4), 506–512, 2012.

27. Ulubay, G., Köktürk, N., Dilektaşlı, A. G., Şen, E., Çiftci, F., Demir, T., Yıldız, Ö., Gemicioğlu, B., Saryal, S. Ulusal Spirometri ve Laboratuvar Standartları, Tüberküloz Toraks Dergisi, 65(2), 117-30, 2017.

28. Watsford, M. L., Murphy, A. J., Pine, M. J. The effects of ageing on respiratory muscle function and performance in older adults, Journal of Science and Medicine in Sport, 10(1), 36–44, 2007.

29. Zhu, R., Li, W., Xia, L., Yang, X., Zhang, B., Liu, F., Ma, J., Hu, Z., Li, Y., Li, D., Jiang, J., He, Y., Shan, G. Hand grip strength is associated with cardiopulmonary function in Chinese adults: Results from a cross-sectional study, Journal of Exercise Science and Fitness, 18(2), 57–61, 2020.