

# CONFERENCE BOOK

EUROPEAN CONFERENCES  
7. ULUSLARARASI  
SAĞLIK, MÜHENDİSLİK ve  
UYGULAMALI BİLİMLER  
KONGRESİ  
1 - 3 Mart 2025  
Roma

[www.avrupakongresi.org](http://www.avrupakongresi.org)



Edited By  
Assoc. Prof. Dr. Dilorom HAMROEVA

ISBN: 978-625-5962-30-0





*EU 7TH INTERNATIONAL CONFERENCE ON HEALTH, ENGINEERING AND APPLIED  
SCIENCES  
MARCH 1 - 3, 2025 - ROME*

**CONFERENCE ORGANIZING BOARD**

*Head Of Conference: Prof. Dr. Naile Bilgili*  
*Düzenleme Kurulu Başkanı: Dr. Gültekin Gurcay*  
*Prof. Dr. Hülya Çiçek*  
*Prof. Dr. Ali 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. Dhési 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*  
*Assoc. Prof. Dr. Doğan Çiloğlu*  
*Assist. Prof. Ihwan Ghazali*  
*Assist. Prof. Dr. Abışov Elşad Şərifxan oğlu*  
*Assist. Prof. Dr. Mahrukh Dovlatzade*  
*Assist. Prof. Dr. Mehdi Meskini Heydarlou*  
*Dr. Dadash Mehravari*  
*Dr. Gültekin Gürçay*  
*Aynur Əliyeva*  
*Khorram Manafidizaji*

Issued: 25.03.2025

ISBN: 978-625-5962-30-0

## CONFERENCE ID

---

**EU 7TH INTERNATIONAL CONFERENCE ON HEALTH, ENGINEERING AND APPLIED SCIENCES**

### **DATE – PLACE**

**MARCH 1 - 3, 2025**

**ROME**

### **ORGANIZATION**

**ACADEMY GLOBAL CONFERENCES & JOURNALS**

### **EVALUATION PROCESS**

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

### **PARTICIPATING COUNTRIES**

**Turkey – Vietnam- Iran – China - South Korea- Tunisa - Japan – Egypt – Spain- Czech Republic- Portugal- South Korea- Estonia- Poland- Austria – Ghana – Nigeria- Slovenia- Sierra Leone- Bulgaria- Kenya- Tanzania- Malaysia- Sweden- Mexico- Ghana – Malawi- Rwanda- Morocco- Angola- Ethiopia- Pakistan – Indonesia – Senegal- Uganda- Sudan- Palestine- Mali- Germany- Serbia**

-

### **PRESENTATION**

**Oral presentation**

### **PERCENTAGE OF PARTICIPATION**

**46 Papers from Turkey And 79 Papers from Other Counteries**

**Members of the organizing committees of the conference perform their duties with an "official assignment letter"**

### **LANGUAGES**

**Turkish, English, Russian, Persian, Arabic**

## Scientific & Review Committee

---

- Prof. Dr. Hülya Çiçek – Türkiye  
Prof. Dr. Emine Koca – Türkiye  
Prof. Dr. Fatma Koç – Türkiye  
Prof. Dr. Valide Paşayeva - Türkiye  
Prof. Dr. Ali Bilgili - Türkiye  
Prof. Dr. Naile Bilgili - Türkiye  
Prof. Dr. Başak Hanedan – Türkiye  
Prof. Dr. Aysel Güven - Türkiye  
Prof. Dr. Bülent Kurtişoğlu – Türkiye  
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. T.Venkat Narayana Rao – India  
Prof. Dr. İzzet Gümüş – Türkiye  
Prof. Dr. Mustafa Bayram – Türkiye  
Prof. Dr. Saim Zeki Bostan – Türkiye  
Prof. Dr. Hyeonjin Lee – China  
Prof. Yakup Babayev - Azerbaijan  
Prof. Dr. Suyatno – Indonesia  
Prof. Dr. Zain Musa – Cambodia  
Prof. Dr. Sameer Jain – India  
Prof. Mehdi Mohammadzade – Iran  
Prof. Dr. Hasan Akan – Türkiye  
Prof. Dr. Ika Maryani - Indonesia  
Assoc. Prof. Dr. Yeliz Çakır Sahilli - Türkiye  
Assoc. Prof. Dr. Berna Koçak - Türkiye  
Assoc. Prof. Dr. Dhesi Ari Astuti – Indonesia  
Assoc. Prof. Dr. Abdulkadir Aydın - Türkiye  
Assoc. Prof. Dr. Elif Akpınar Külekçi - Türkiye  
Assoc. Prof. Dr. Feran Aşur – Türkiye  
Assoc. Prof. Dr. Yasemin Taş – Türkiye  
Assoc. Prof. Dr. Bülent Işık - Türkiye  
Assoc. Prof. Dr. Nurkan Yılmaz - Türkiye  
Assoc. Prof. Dr. Sevra Fırıncıoğulları - Türkiye  
Assoc. Prof. Dr. Abdulsemet Aydın – Türkiye  
Assoc. Prof. Dr. Mehmet Fırat Baran - Türkiye  
Assoc. Prof. Dr. Dilorom Hamroeva - Ozbekstan  
Assoc. Prof. Dr. Abbas Ghaffari – Iran

- Assoc. Prof. Ivaylo Staykov - Bulgaria  
Assoc. Prof. Dr. Dini Yuniarti – Indonesia  
Assoc. Prof. Dr. Ümit Ayata – Türkiye  
Assoc. Prof. Dr. Həmzə Əliyev - Azerbaijan  
Assoc. Prof. Dr. Okan Sarıgöz – Türkiye  
Assoc. Prof. Dr. Eda Bozkurt – Türkiye  
Assoc. Prof. Dr. Ahmet Topal – Türkiye  
Assoc. Prof. Dr. Abdulkadir Kırbaş – Türkiye  
Assoc. Prof. Dr. Mesut Bulut – Türkiye  
Assoc. Prof. Dr. Fahriye Emgili – Türkiye  
Assoc. Prof. Dr. Sandeep Gupta – India  
Assoc. Prof. Dr. Veysel Parlak – Türkiye  
Assoc. Prof. Dr. Mahmut İslamoğlu – Türkiye  
Assoc. Prof. Dr. Nazile Abdullazade – Azerbaijan  
Assoc. Prof. Dr. Yeganə Qəhrəmanova – Azerbaijan  
Assoc. Prof. Ali Vandshoari - İran  
Assist. Prof. Dr. Göksel Ulay – Türkiye  
Assist. Prof. K. R. Padma – India  
Assist. Prof. Dr. Omid Afghan - Afghanistan  
Assist. Prof. Dr. Maha Hamdan Alanazi - Saudi Arabia  
Assist. Prof. Dr. Dzhakipbek Altaevich Altayev - Kazakhstan  
Assist. Prof. Dr. Amina Salihi Bayero – Nigeria  
Assist. Prof. Dr. Ahmad Sharif Fakheer - Jordania  
Assist. Prof. Dr. Dody Hartanto - Indonesia  
Assist. Prof. Dr. Ihwan Ghazali - Malaysia  
Assist. Prof. Dr. Mehdi Meskini Heyladou – Iran  
Assist. Prof. Dr. Bazarhan İmangalieva - Kazakhstan  
Assist. Prof. Dr. Keles Nurmaşulı Jaylıbay - Kazakhstan  
Assist. Prof. Dr. Mamatkuli Juraev – Ozbekistan  
Assist. Prof. Dr. Kalemkas Kalibaeva – Kazakhstan  
Assist. Prof. Dr. Bouaraour Kamel – Algeria  
Assist. Prof. Dr. Alia R. Masalimova - Kazakhstan  
Assist. Prof. Dr. Amanbay Moldibaev - Kazakhstan  
Assist. Prof. Dr. Ayslu B. Sarsekenova - Kazakhstan  
Assist. Prof. Dr. Bhumika Sharma - India  
Assist. Prof. Dr. Gulşat Şugaeva – Kazakhstan  
Assist. Prof. Dr. K.A. Tleubergenova - Kazakhstan  
Assist. Prof. Dr. Cholpon Toktosunova – Kirgizia  
Assist. Prof. Dr. Hoang Anh Tuan – Vietnam  
Assist. Prof. Dr. Songül Atak - Türkiye  
Assist. Prof. Dr. Botagul Turgunbaeva - Kazakhstan  
Assist. Prof. Dr. Dinarakhan Tursunalieva - Kirgizia  
Assist. Prof. Dr. Yang Zitong – China

- Assist. Prof. Dr. Gulmira Abndirasulova – Kazakhstan  
Assist. Prof. Dr. Imran Latif Saifi – South Africa  
Assist. Prof. Dr. Murat Genç – Turkiye  
Assist. Prof. Dr. Monisa Qadiri – India  
Assist. Prof. Dr. Vaiva Balciuniene – Lithuania  
Assist. Prof. Dr. Meltem Avan – Turkiye  
Assist. Prof. Dr. Abışov Elşad Şərəfxan oğlu - Azerbaijan  
Assist. Prof. Dr. Mahrukh Dovlatzade – Azerbaijan  
Assist. Prof. Dr. Naci Büyükkaracığan – Turkiye  
Assist. Prof. Dr. Raihan Yusoph – Philippines  
Dr. Que-Nhu Duong - Vietnam  
Dr. Fatih İ. Kurşunmaden – Turkiye  
Dr. Mehmet Nuri Ödük – Turkiye  
Dr. Ayşe Baran - Turkiye  
Dr. Dadash Mehravari – Iran  
Dr. Aynurə Əliyeva - Azerbaijan  
Dr. Sonali Malhotra – India  
Dr. Amaneh Manafidizaji - Iran



T.C.  
GAZİ ÜNİVERSİTESİ REKTÖRLÜĞÜ  
Hemşirelik Fakültesi Dekanlığı

Sayı : E-98978265-100-1174800  
Konu : Dilekçe( Prof. Dr. Naile  
BİLGİLİ)

19.02.2025

**Sayın Prof. Dr. Naile BİLGİLİ**  
**Halk Sağlığı Hemşireliği Anabilim Dalı Başkanlığı - Öğretim Üyesi**

İlgi : 17.02.2025 tarihli ve E-87008936-100- 1173474 sayılı yazı.

İlgi dilekçenizde belirttiğiniz "Yükseköğretim Kurulu'nun 15.06.2023 tarihli oturumunda doçentlik başvuruları şartları ile ilgili değişiklik önerileri kapsamında Sağlık Bilimleri Temel Alanı'nda gerçekleştirilecek olan madde 8'in Bilimsel Toplantı başlığı altındaki b bendi" uyarınca, Academy Global Conferences & Publishing (<https://www.akademikongre.org/registration>) tarafından 2025 yılında düzenlenecek olan bilimsel etkinliklerde görev alma talebiniz konusunda bilgilendirildim.

Bilgilerini ve gereğini rica ederim.

**Prof. Dr. Sultan AYAZ ALKAYA**  
**Dekan**

Belge Doğrulama Kodu :BSCMHSP653

**Bu belge, güvenli elektronik imza ile imzalanmıştır.**

Belge Takip Adresi : <https://www.turkiye.gov.tr/gazi-universitesi-ebys>



Emniyet Mahallesi Bandırma Caddesi No :6/1 06560 Yenimahalle/ANKARA  
Tel:0 (312) 202 20 00 Faks:0 (312) 221 32 02  
İnternet Adresi :<http://gazi-universitesi.gazi.edu.tr/>  
Kep Adresi: [gaziuniversitesi@hs01.kep.tr](mailto:gaziuniversitesi@hs01.kep.tr)

Bilgi için :Onur Akın  
Bilgisayar İşletmeni  
Telefon No:0312 216 26 27



EUROPEAN CONFERENCES 7th INTERNATIONAL CONFERENCE ON  
HUMANITY AND SOCIAL SCIENCES  
EUROPEAN CONFERENCES 7th INTERNATIONAL CONFERENCE ON  
HEALTH, ENGINEERING AND APPLIED SCIENCES  
ExART 6<sup>TH</sup> INTERNATIONAL GROUP EXHIBITION  
March 1 - 3, 2025  
ROME

**Kongre Bağlantı Linki :**

**Join Zoom Meeting**

**<https://us06web.zoom.us/j/88571518350?pwd=fOYazCWBmbAiWrHygjKSjkbbSvotfd.1>**

**Meeting ID: 885 7151 8350**

**Passcode: 202224**





### ÖNEMLİ AÇIKLAMA (Lütfen okuyunuz)

- ZOOM bağlantısı için yukarıda verilen bağlantıyı veya yine yukarıda verilen giriş bilgilerini kullanabilirsiniz.
- Oturum içerisinde en KIDEMLİ olan moderator olarak seçilir. Moderatörün oturum düzenini gözetmesi, akademisyen adaylarını yönlendirmesi beklenmektedir.
- Oturuma bağlanmadan önce Salon numaranızı adınızın önüne aşağıdaki gibi ekleyiniz. Bu sayede kongre açılışında beklemeden oturumlarınıza gönderilebileceksiniz. Ör. 5 Ahmet Ahmetoglu
- Sunum süresi 10 dakikadır. Bu sürenin aşılmasını moderatörler temin edecektir.
- Sunum sonrası 5 dakikayı geçmeyen soru-cevap, tartışma süresi verilmektedir.
- Sunumlar TÜRKÇE veya İNGİLİZCE yapılabilmektedir.
- Kameralar, oturum süresince toplam % 70 oranında açık olmak zorundadır.
- Sunum yapan katılımcının kamerası açık olmak zorundadır.
- Sunum yapmak zorunludur. Herhangi bir nedenle sunum yapmamış olan katılımcıya sertifika verilmesi ve çalışmasının yayınlanması sözkonusu olamaz.
- Katılımcı, kendi oturumda, oturum bitene kadar bulunmak zorundadır.
- Katılımcıların kendi oturumları dışındaki oturumlara katılma zorunluluğu yoktur.
- ZOOM platformunun kapasite sınırı nedeniyle, DİNLEYİCİ, sadece kapasite izin verdiği sürece kabul edilebilmektedir.

### IMPORTANT, PLEASE READ CAREFULLY

- To be able to make a meeting online, login via <https://zoom.us/join> site, enter ID instead of “Meeting ID or Personal Link Name” and solidify the session.
- The Zoom application is free and no need to create an account.
- The Zoom application can be used without registration.
- The application works on tablets, phones and PCs.
- Speakers must be connected to the session **10 minutes before** the presentation time.
- All congress participants can connect live and listen to all sessions.
- During the session, your camera should be turned on **at least %70** of session period
- Moderator is responsible for the presentation and scientific discussion (question-answer) section of the session.

### TECHNICAL INFORMATION

- Make sure your computer has a microphone and is working.
- You should be able to use screen sharing feature in Zoom.
- Attendance certificates will be sent to you as pdf at the end of the congress.
- Moderator is responsible for the presentation and scientific discussion (question-answer) section of the session.
- Before you login to Zoom please indicate your name surname and hall number,

EUROPEAN CONFERENCES 7th INTERNATIONAL CONFERENCE ON HUMANITY AND SOCIAL SCIENCES March 1 - 3, 2025 ROME Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224 1 Mart / March 1, 2025 / 11:00 – 13:00 Time zone in Turkey (GMT+3)				
Salon	Moderator		Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title	Authors
HALL / SALON 1	Prof. Dr. Yılmaz KARA	1	Perspectives of Parents of Primary School Students on Parent-Child Relationships and Child Neglect/Abuse	Doktora Öğrencisi, Burak YEŞİLYURT Doç. Dr. Rabia SOHBET Doç. Dr. Fatma KARASU
		2	2019-2024 YILLARI ARASINDA TÜRKİYE'DE ELEŞTİREL DÜŞÜNMEYLE İLGİLİ YAPILAN TEZLERİN İNCELENMESİ	Yüksek Lisans Öğrencisi, Aleyna DÖNMEZ Prof. Dr., ŞENEL ELALDI
		3	TÜRKİYE VE HİNDİSTAN İLKOKUL 4. SINIF MATEMATİK DERSİ ÖĞRETİM PROGRAMLARININ PROGRAM ÖĞELERİ BAĞLAMINDA KARŞILAŞTIRILMASI	SEVGİ ERSÖZ
		4	2018-2024 YILLARI ARASINDA YAPILAN LİSEYE GEÇİŞ SINAVI (LGS) MATEMATİK SORULARININ MATEMATİKSEL DÜŞÜNME BİLEŞENLERİ AÇISINDAN İNCELENMESİ	Prof. Dr. KÜRŞAT YENİLMEZ Yüksek Lisans Öğrencisi, HAYRUNİSA ZİNCİRYILDIZ
		5	DETERMINING THE VIEWS OF SCIENCE TEACHERS ON THE CONDUCTING JOINT WRITTEN EXAMS IN SCIENCE CLASSES	Prof. Dr. Hasan BAKIRCI Eşref GÜNDÜZ Prof. Dr. Yılmaz KARA
		6	INVESTIGATING THE EFFECT OF COMMON KNOWLEDGE CONSTRUCTION MODEL IN TEACHING ELECTRICAL ENERGY UNIT: ACADEMIC SUCCESS	Prof. Dr. Yılmaz KARA Prof. Dr. Hasan BAKIRCI Muhammet Zeki SELÇUK

EUROPEAN CONFERENCES 7th INTERNATIONAL CONFERENCE ON HUMANITY AND SOCIAL SCIENCES March 1 - 3, 2025 ROME Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224 1 Mart / March 1, 2025 / 11:00 – 13:00 Time zone in Turkey (GMT+3)				
Salon	Moderator		Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title	Authors
HALL / SALON 2	Dr. Öğr. Üyesi Salih AKA	1	FLEXIBLE WORKING MODELS AND JOB SECURITY	Dr.ESİN ŞENOL
		2	A NEW PRODUCTION CONCEPT: UBIQUITOUS MANUFACTURING	Dr. Öğr. Üyesi Salih AKA
		3	Yapay Zekâ, Yenilik ve Pazarlama Konularının Bibliyometrik Analiz ile İncelenmesi	Öğr. Gör. Öznur AKTAŞ
		4	Dijital Pazarlamada Yeni Trendler	Öğr. Gör. Öznur AKTAŞ
		5	YOUTUBE JOURNALİSM İN TURKEY: DİGİTAL TRANSFORMATION, ITS IMPACT, AND FUTURE PERSPECTİVES	Doçent Doktor, Önder Deniz Doçent Doktor, Muhammet Kemal Karaman
		6	ARTICLE SUMMARY: EXPANDING THE USE OF ARTİFİCİAL İNTELLİGENCE İN JOURNALİSM: OPPORTUNITİES, CHALLENGES, AND FUTURE PERSPECTİVES	Doçent Doktor Muhammet Kemal Karaman Doçent Doktor, Önder Deniz
		7	ÖZEL HASTANE ÇALIŞANI DEMOGRAFİK ÖZELLİKLERİNİN YÖNETİM İNOVASYONUNA ETKİSİ, TRAKYA BÖLGESİ ÖRNEĞİ	Öğr. Gör. Hüseyin Ali YÜZER Prof. Dr. Hatice Nilay GEMLİK
		8	DEMOGRAFİK DEĞİŞKENLER KAPSAMINDA ÖZEL HASTANE ÇALIŞANLARININ PSİKOLOJİK PERSONEL GÜÇLENDİRİLMESİ: TRAKYA BÖLGESİ ÖRNEĞİ	Öğr. Gör. Hüseyin Ali YÜZER Prof. Dr. Hatice Nilay GEMLİK
		9	EXAMINING THE FACTORS AFFECTING CRISIS MANAGEMENT WITH THE STRUCTURAL EQUATION MODELL: A STUDY ON THE MEDICAL DEVICE INDUSTRY	Phd Student, MERVE AKBAŞ Prof. Dr., HATİCE NİLAY GEMLİK

EUROPEAN CONFERENCES 7th INTERNATIONAL CONFERENCE ON HUMANITY AND SOCIAL SCIENCES March 1 - 3, 2025 ROME Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224 1 Mart / March 1, 2025 / 11:00 – 13:00 Time zone in Turkey (GMT+3)				
Salon	Moderator		Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title	Authors
<b>HALL / SALON 3</b>	<b>Que-Nhu DUONG</b>	1	The Influence of Traditional Beliefs on Health Practices: A Comprehensive Study of Transhumance in Jammu and Kashmir	Sadam Hussain Pandow, Ilyas Ahmad Rather, Monisa Qadiri,
		2	CHALLENGES OF EDUCATION IN RURAL AREAS OF ALBANIA	Msc. Ana LLAZO
		3	THE IMPACT OF TECHNOLOGICAL INNOVATIONS ON FINANCIAL MARKETS (CASE STUDY: ONLINE BANKING IN ITALY AND ALBANIA)	Msc. Bledar RADONSHIQI PhD. Romina RADONSHIQI
		4	THE IMPACT OF SKILLED LABOR EMIGRATION ON ALBANIA'S ECONOMY AND LABOR MARKET	Dr. Artur HADROJ
		5	VIRTUAL REALITY IN VIETNAM TOURISM: A CURRENT STATE	Kim-Hang TE Que-Nhu DUONG Nam-Khang Tri NGUYEN
		6	HUMAN RIGHTS IN ALBANIA AND ITALY	Msc:Sonila Guzina

EUROPEAN CONFERENCES 7th INTERNATIONAL CONFERENCE ON HUMANITY AND SOCIAL SCIENCES March 1 - 3, 2025 ROME Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224 1 Mart / March 1, 2025 / 11:00 – 13:00 Time zone in Turkey (GMT+3)				
Salon	Moderator		Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title	Authors
HALL / SALON 4	Prof. Dr. Armağan Öztürk	1	İKLİM DEĞİŞİMİNİN SOSYAL BOYUTU VE SOSYAL POLİTİKA ÖNLEMLERİ ÜZERİNE BİR İNCELEME	Öğr.Gör.Dr. Rahime Çerçi
		2	TOCQUEVILLE’NİN AMERİKA’DAKİ YERLİLER VE SİY AHLARLA İLGİLİ GÖRÜŞLERİ	Prof. Dr. Armağan Öztürk
		3	AVRUPA BİRLİĞİ’NİN EKONOMİK VE SİYASAL DÖNÜŞÜMÜ: ULUSLARARASI ÖRGÜTTEN ULUSÜSTÜ ÖRGÜTE	Lisans Öğrencisi, BERRA KIZILYAZI
		4	BIBLIOMETRIC ANALYSIS IN INTERNATIONAL LAW MASTERS THESES	Dr. Öğr. Üyesi, Neyire AKPINARLI
		5	THE FUTURE OF CLIMATE CHANGE IN THE FRAMEWORK OF CHAOS THEORY: THE “POLAR EFFECT” EXAMPLE	Arş. Gör. ALİ SAYILGAN
		6	TESTING THE POLLUTION REFUGEE HYPOTHESIS IN E-7 COUNTRIES	Lecturer Dr. Selin DİNÇER Asst. Prof. Fatih AKIN

EUROPEAN CONFERENCES 7th INTERNATIONAL CONFERENCE ON HUMANITY AND SOCIAL SCIENCES March 1 - 3, 2025 ROME Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224 1 Mart / March 1, 2025 / 11:00 – 13:00 Time zone in Turkey (GMT+3)				
Salon	Moderator	Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title	Authors	
HALL / SALON 5	Dr. Öğr. Ü. Nursen GEYİK DEĞERLİ	1	FARKLI ZİHİNLER, KREATİF ÇÖZÜMLER: TASARIM EĞİTİMİNDE BİLİŞSEL ÇEŞİTLİLİK	Doç. Dr. Barış AYDIN Master Öğrencisi, Zeynep KILIÇ
		2	DÜŞÜNCENİN ESTETİĞİ: NÖROTASARIM	Doç. Dr. Barış AYDIN Master Öğrencisi, Necla KILIÇ
		3	ANADOLU'DA TUĞLANIN BEZEME OLARAK DEĞERLENDİRİLMESİ	Dr. Öğr. Üyesi ALİYE YILMAZ
		4	ORGANİK TEKRARIN İZİNDE: EVA HESSE VE MALZEMENİN DÖNÜŞÜMÜ	HİLAL KORKMAZ
		5	KAMUSAL ALAN HEYKELLERİNDE İDEOLOJİK SÖYLEM BAĞLAMINDA MİLLİ İKONOĞRAFİ	Dr. Öğr. Üyesi Merve DUYDU
		6	MODANIN TOPLUMSAL DÖNÜŞÜMLERE ETKİSİ	Dr. Öğr. Ü. Nursen GEYİK DEĞERLİ

EUROPEAN CONFERENCES 7th INTERNATIONAL CONFERENCE ON HUMANITY AND SOCIAL SCIENCES March 1 - 3, 2025 ROME Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224 1 Mart / March 1, 2025 / 11:00 – 13:00 Time zone in Turkey (GMT+3)				
Salon	Moderator		Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title	Authors
HALL / SALON 6	Prof. Dr. Ali Osman Öztürk	1	GEORGE ORWELL, A DISTOPY WRITER and CRITICISM OF THE SOVIET REGIME IN “THE ANIMAL FARM”	Doç. Dr. Sevra Fırıncioğulları
		2	ALPHONSE DAUDET’İN YILDIZLAR İSİMLİ ÖYKÜSÜNÜN EREK ÇEVİRİ KURAMI AÇISINDAN İNCELENMESİ	Yüksek Lisans Öğrencisi Şevin Ruken AYDIN Prof. Dr. Hanife Nâlân GENÇ
		3	TÜRK VE FRANSIZ ATASÖZLERİNDE KÜLTÜRÜN EVRENSSEL DEĞERİ ÜZERİNE BİR İNCELEME	Yüksek Lisans Öğrencisi Berfu EVİRGEN Prof. Dr. Hanife Nâlân GENÇ
		4	NEW DIRECTIONS IN CHILDREN’S POETRY WITH FOLKLORE MOTIVES OF THE 60s	Assoc. Prof. Dr. Shokhrat Nusrat Mamedova
		5	BARBARA FRISCHMUTH AS AN AUTHOR OF CHILDREN’S BOOKS	Prof. Dr. Ali Osman Öztürk Mediha Yediparmak,
		6	THE IMAGE OF TURKS IN GERMAN CHILDREN’S SONGS AND NURSERY RHYMES OF THE 20TH CENTURY: FROM PREJUDICE TO INTEGRATION	Prof. Dr. Ali Osman Öztürk

EUROPEAN CONFERENCES 7th INTERNATIONAL CONFERENCE ON HUMANITY AND SOCIAL SCIENCES March 1 - 3, 2025 ROME Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224 1 Mart / March 1, 2025 / 11:00 – 13:00 Time zone in Turkey (GMT+3)				
Salon	Moderator		Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title	Authors
HALL / SALON 7	Prof. Dr. Ramazan BİÇER	1	SOSYO-KÜLTÜREL BAĞLAMDA MEVLİDİN SOSYAL TEOLOJİSİ	Prof. Dr. Ramazan BİÇER
		2	PEYGAMBERLER TARİHİNE GÜNÜMÜZDEN BAKIŞ	Prof. Dr. RAMAZAN BİÇER
		3	COMPARATIVE ANALYSIS OF TEMPORARY PROTECTION STATUS BETWEEN TÜRKİYE AND THE UNITED STATES: LEGAL FRAMEWORKS, POLICY APPROACHES, AND HUMANITARIAN IMPLICATIONS	Onur CEYLAN
		4	INVESTIGATION OF SECONDARY TRAUMATIC STRESS LEVELS AMONG LAWYERS BY EMPATHY, EMPATHY COMPONENTS AND OTHER VARIABLES	İREM ÖZGER Prof. Dr. BANU YAZGAN İNANÇ,
		5	GÖÇ VE SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK: KALKINMA HEDEFLERİNE YÖNELİK POLİTİKALAR VE UYGULAMALAR	AHMET DOĞAN
		6	THE IMPACT OF FUSION CUISINE ON THE DEVELOPMENT OF TURKISH CULINARY CULTURE	Yüksek Lisans Öğrencisi, BÜŞRA KAYA Doç. Dr. YILMAZ SEÇİM
		7	REGIONAL DESSERT OF KONYA CUISINE: GOURD DESSERT	Yüksek Lisans Öğrencisi, Tuğba KOÇYİĞİT Doç. Dr. Yılmaz SEÇİM



EUROPEAN CONFERENCES 7th INTERNATIONAL CONFERENCE ON HEALTH, ENGINEERING AND APPLIED SCIENCES March 1 - 3, 2025 ROME Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224 1 Mart / March 1, 2025 / 11:00 – 13:00 Time zone in Turkey (GMT+3)				
Salon	Moderator		Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title	Authors
HALL / SALON 8	Prof. Dr. Melik ÇETİN	1	INVESTIGATION OF THE EFFECT OF HEAT TREATMENT ON THE MECHANICAL PROPERTIES OF REGULAR STRUCTURED ALUMINUM FOAM	Prof. Dr. Melik ÇETİN
		2	INVESTIGATION OF THE EFFECT OF GRAIN REFINER ON THE MECHANICAL PROPERTIES OF AISI 304 STAINLESS STEEL	Prof. Dr. Melik ÇETİN
		3	NEXT-GENERATION RADIATION SHIELDING: EVALUATING LEAD ALTERNATIVES FOR ENHANCED PROTECTION	Lect. Seda GÜRGEN AVŞAR Lect. Zübeyde ÖZKAN Prof. Dr. Uğur GÖKMEN Prof. Dr. Sema BILGE OCAK
		4	ENHANCED THERMAL NEUTRON SHIELDING WITH B <sub>4</sub> C-REINFORCED AL 6082 COMPOSITES	Lect. Zübeyde ÖZKAN Prof. Dr. Uğur GÖKMEN
		5	İHA TASARIM SÜRECİNDE KALİTE FONKSİYON GÖÇERİMİ KULLANIMI VE SÜREÇ GELİŞTİRME	NAZLI AVANS Dr. Öğr. Üyesi MUHARREM ÜNVER
		6	A PIONEERING ANALYSIS ON THE CONCEPTUAL UNDERSTANDING AND TEACHING STRATEGIES OF THE NAVIER-STOKES EQUATIONS	Prof. Dr., KAAN YETİLMEZSOY Lisans Öğrencisi, ULUNAY ÖZARSLAN

EUROPEAN CONFERENCES 7th INTERNATIONAL CONFERENCE ON HUMANITY AND SOCIAL SCIENCES				
March 1 - 3, 2025				
ROME				
Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224				
1 Mart / March 1, 2025 / 11:30 – 13:30 Time zone in Turkey (GMT+3)				
Salon	Moderator		Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title	Authors
HALL / SALON 1	Assoc. Prof. Elena Ivanova	1	ADVOCATING GENDER EQUALITY WITHIN ISLAMIC TRADITION THROUGH CONTEXTUALIST APPROACH	Dr. Amina Hussain Dr. Ahmed Al-Rashid
		2	IMPACT OF ARAB MODERNISM ON EGYPTIAN WOMEN WRITERS IN THE 1950S AND 1960S	Samar El-Fayoumi Tariq El-Mansour Layla Abdallah
		3	HUMAN-ENVIRONMENT INTERACTIONS: AN ETHICAL PERSPECTIVE	Dr. Farhan Yusof Dr. Lina Noviani
		4	SAFEGUARDING HUMAN RIGHTS IN EUROPE: THE ROLE OF LEGISLATIVE BODIES	Assoc. Prof. Elena Ivanova
		5	EFFECTS OF EISENHOWER'S FAREWELL SPEECH: INITIAL AND LONG-TERM IMPACTS	B. van der Meer
		6	PROVIDERS OF HUMAN SECURITY IN FRAGILE STATES UNDER ASYMMETRIC WAR CONDITIONS	Dr. Nour Al-Hussein
		7	DEVELOPING A MULTIDIMENSIONAL FRAMEWORK FOR MEDIA CREDIBILITY ASSESSMENT	Amina Abdel Rahman Ahmed
		8	ANALYZING GENDER DISPARITIES IN ACADEMIC RESEARCH: FUNDING, COLLABORATION, AND PRODUCTIVITY	Dr. Amara Singh Dr. Ibrahim Al-Fadhli
				A FRAMEWORK FOR GLOBAL COLLABORATION: BUILDING CULTURAL BRIDGES FOR DEVELOPMENT

EUROPEAN CONFERENCES 7th INTERNATIONAL CONFERENCE ON HUMANITY AND SOCIAL SCIENCES March 1 - 3, 2025 ROME Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224 1 Mart / March 1, 2025 / 11:30 – 13:30 Time zone in Turkey (GMT+3)				
Salon	Moderator		Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title	Authors
HALL / SALON 2	Assoc. Prof. Imran Khurshid	1	A MODEL OF COGNITIVE FUNCTIONALITY IN THE CONTEXT OF COMPUTATIONAL ANALYSIS	Dr. Sofia Ivanova
		2	THE SIGNIFICANCE OF LIFE MEANING IN RECOVERING ADDICTS: A PAKISTANI PERSPECTIVE	Saira Tanveer, Tariq Ali
		3	FOSTERING ORGANIZATIONAL JUSTICE IN THE ALLOCATION OF INCENTIVES IN THE PAKISTANI PUBLIC SECTOR	Assoc. Prof. Imran Khurshid
		4	EXAMINING GENDER VARIANCES IN AUTOBIOGRAPHICAL MEMORY AND ADAPTIVE REMEMBERING	Mariam Al-Fahad, Omar Al-Mansouri
		5	CULTURAL ANXIETY AMONG INTERNATIONAL STUDENTS IN KUALA LUMPUR: A CASE STUDY OF STUDENTS' LIFE IMPACT	Rina Masri, Muhammad Arif
		6	RE-VICTIMIZATION OF VICTIMS: A COMPARATIVE STUDY OF TREATMENT MODELS	Dr. Lina Ahmed
		7	USING NARRATIVE THEORY TO EXAMINE THE UNCERTAINTY IN ORGANIZATIONAL TRANSFORMATIONS: INSIGHTS FROM CORPORATE MERGERS	Prof. Dr. Ahmed Hossain
		8	DEVELOPMENT AND APPLICATION OF A NEW MEASURE OF GROUP BEHAVIOR IN ORGANIZATIONS	Khaled Nasr, Leila Zayed

EUROPEAN CONFERENCES 7th INTERNATIONAL CONFERENCE ON HUMANITY AND SOCIAL SCIENCES March 1 - 3, 2025 ROME Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224 1 Mart / March 1, 2025 / 11:30 – 13:30 Time zone in Turkey (GMT+3)				
Salon	Moderator		Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title	Authors
HALL / SALON 3	Assis. Prof. Zhang Rui	1	DYNAMICS OF COLLABORATIVE DECISION-MAKING IN MULTI-AGENT ENVIRONMENTS	Abdirahman Yusuf, Dr. Salma Ahmed
		2	ADVANCING NEURAL NETWORK-BASED CLASSIFICATION OF HEALTH CONDITIONS	Zhang Wei, Liu Fang
		3	RHETORICAL STRATEGIES IN SCIENTIFIC COMMUNICATION: ANALYSIS OF NEUROSCIENCE DISCOURSE	Chen Lijuan, Huang Min
		4	LINGUISTIC AND PRAGMATIC FACTORS IN RULE-BASED REASONING TASKS	Nguyen Thanh Phong, Le Thi Thanh
		5	NEURAL CORRELATES OF LEXICAL PROCESSING IN SYMBOL-BASED LANGUAGES	Sook-Hwa Kim, Jin-Seok Park
		6	ETHICAL AND PRACTICAL CHALLENGES OF DIGITAL TOOLS IN PSYCHOLOGICAL COUNSELING	Liu Wei, Assis. Prof. Zhang Rui
		7	IMPACT OF MATERNAL BEHAVIORS ON CHILDHOOD OBESITY RISKS: A GLOBAL META-ANALYSIS	Chen Yu, Wang Ling

EUROPEAN CONFERENCES 7th INTERNATIONAL CONFERENCE ON HUMANITY AND SOCIAL SCIENCES March 1 - 3, 2025 ROME Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224 1 Mart / March 1, 2025 / 11:30 – 13:30 Time zone in Turkey (GMT+3)				
Salon	Moderator		Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title	Authors
HALL / SALON 4	Amina Rahman	1	SENSORY AND COGNITIVE INTERACTIONS IN CHILDREN WITH AUTISM: INSIGHTS FROM SAUDI ARABIA	Hala Ibrahim, Omar Khaled
		2	PARENTING STYLES AND THEIR IMPACT ON CHILDREN'S SOCIAL ADAPTATION	Farah Mahbub, Layla Noreen, Hafeez Khan
		3	TEACHERS' AND STUDENTS' PERCEPTIONS OF CLASSROOM ENGAGEMENT AND DISRUPTION	Chen Xiaoling, Wang Jiayi, Huang Yutong
		4	AN IMPROVED FRAMEWORK FOR SENTIMENT ANALYSIS IN PRODUCT REVIEWS	Rahul Sharma, Priya Desai, Sameer Rathi
		5	MONTE CARLO SIMULATIONS FOR ASSESSING RISK-INVESTMENT RELATIONSHIPS	Ahmed Farouk, Khaled Hassan, Amr Said
		6	CONSUMER RIGHTS AND DIGITAL AUCTIONS: A REFORM PROPOSAL	Amina Rahman
		7	DIGITAL PROCUREMENT IN CONSTRUCTION: OVERCOMING CHALLENGES AND MAXIMIZING BENEFITS	Chunhua Zhang, Wei Liu
		8	DIGITAL PROCUREMENT IN CONSTRUCTION: OVERCOMING CHALLENGES AND MAXIMIZING BENEFITS	Chunhua Zhang, Wei Liu

EUROPEAN CONFERENCES 7th INTERNATIONAL CONFERENCE ON HUMANITY AND SOCIAL SCIENCES March 1 - 3, 2025 ROME Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224 1 Mart / March 1, 2025 / 11:30 – 13:30 Time zone in Turkey (GMT+3)				
Salon	Moderator		Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title	Authors
HALL / SALON 5	Prof. Dr. Adebayo Akintola	1	OVERCOMING CITIZEN ADOPTION BARRIERS IN E-GOVERNANCE SYSTEMS	Assoc. Prof. Dr. Asha Sharma
		2	OPTIMIZING TAX STRATEGIES THROUGH ADVANCED PRICING METHODS IN GLOBAL MARKETS	Linh Nguyen
		3	AN OPTIMIZATION APPROACH TO INDEX ARBITRAGE STRATEGIES	Zhang Lei, Liu Meng
		4	RISK-BASED SIMULATION FOR CONSTRUCTION BID PRICING	Ahmed Al-Mahmoud, Youssef Al-Rahman, Fatima Al-Zahrani
		5	INTEGRATING TECHNOLOGY INTO LANGUAGE TEACHING: STRATEGIES AND BENEFITS	Prof. Dr. Adebayo Akintola
		6	SUPPORTING RESEARCH STUDENTS THROUGH ENHANCED LEARNING PROGRAMS	Assis.Prof. Nguyen Thi Lan Anh, Dr. Tran Van Binh
		7	LANGUAGE PROFICIENCY AND EDUCATIONAL OUTCOMES IN ENGINEERING STUDENTS	Maria Isabel Santiago, Ramon De La Cruz, Carla Hernandez
		8	RELATIONSHIP BETWEEN STUDENT INVOLVEMENT AND INCIDENTAL VOCABULARY LEARNING IN MULTIMODAL CONTEXTS	Ali Reza Shamsi, Fatemeh Noorani

EUROPEAN CONFERENCES 7th INTERNATIONAL CONFERENCE ON HUMANITY AND SOCIAL SCIENCES March 1 - 3, 2025 ROME Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224 1 Mart / March 1, 2025 / 11:30 – 13:30 Time zone in Turkey (GMT+3)				
Salon	Moderator		Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title	Authors
HALL / SALON 6	Dr. Samuel K. Obafemi,	1	DEVELOPING TEACHING STRATEGIES THROUGH CONCEPT CARTOONS: A FRAMEWORK FOR PRE-SERVICE TEACHERS IN PAKISTAN	Aisha Javed, Sana Malik
		2	EFFECTIVENESS OF AN INTEGRATED LEARNING MODEL ON STUDENTS' COGNITIVE AND EMOTIONAL DEVELOPMENT	Dr. Samuel K. Obafemi, Chidi Eze
		3	OVERCOMING TRADITIONAL CONSTRAINTS: A STUDY ON EDUCATIONAL INNOVATION IN KENYA	Abdi Yusuf, Amina Hassan
		4	ENHANCING EDUCATIONAL ACCESS THROUGH QR CODE TECHNOLOGY IN EARLY CHILDHOOD EDUCATION	Lin Mei Wong, Hui Yang
		5	INTEGRATING TECHNOLOGY INTO LANGUAGE LEARNING: AN INTERDISCIPLINARY APPROACH	Wei Zhang, Hua Li
		6	SOCIAL HUBS AS FACILITATORS OF KINSHIP COMMUNICATION	Fatima Basseyy, Assoc. Prof. Ibrahim Okechukwu
		7		

EUROPEAN CONFERENCES 7th INTERNATIONAL CONFERENCE ON HUMANITY AND SOCIAL SCIENCES March 1 - 3, 2025 ROME Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224 1 Mart / March 1, 2025 / 11:30 – 13:30 Time zone in Turkey (GMT+3)				
Salon	Moderator		Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title	Authors
HALL / SALON 7	Assoc. Prof. Leonardo Conti	1	DEVELOPMENT OF A TAILORED FOOTWEAR MODEL FOR OPTIMAL COMFORT USING ARTIFICIAL NEURAL NETWORKS	Amira El Khateeb
		2	ECONOMIC IMPACT OF URBAN REGENERATION ON MIXED-USE DEVELOPMENTS IN THE UAE	Fatima Al Marzouqi
		3	POLITICAL ENGAGEMENT AND MEDIA EXPOSURE IN THE KUALA LUMPUR METROPOLITAN AREA	Dr. Nurul Afiqah
		4	URBAN TRANSFORMATIONS IN THE MEDITERRANEAN: A CASE STUDY OF TUNIS	Hanan Bouazizi
		5	STATISTICAL MODELING FOR URBAN ZONING IN SOUTHERN ITALY	Dr. Giovanni Esposito, Assoc. Prof. Leonardo Conti
		6	AGRICULTURAL EFFICIENCY IN BANGLADESH: AN EMPIRICAL ANALYSIS USING DEA	Farida Alam, Rahman Karim, Ayesha Hossain
		7	SUSTAINABILITY STRATEGIES IN SMALL-SCALE HOUSING ENTERPRISES IN INDONESIA	Dian Kusuma, Budi Santoso, Rini Handayani



EUROPEAN CONFERENCES 7th INTERNATIONAL CONFERENCE ON HUMANITY AND SOCIAL SCIENCES March 1 - 3, 2025 ROME Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224 1 Mart / March 1, 2025 / 11:30 – 13:30 Time zone in Turkey (GMT+3)				
Salon	Moderator		Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title	Authors
HALL / SALON 8	Dr. Sorin Petrescu	1	MOTIVATIONS FOR ADOPTING ISLAMIC BANKING IN MALAYSIA	Nur Adilah, Farhan Abdullah, Hidayah Shafiq
		2	DYNAMICS OF NEW ENTRANTS IN RUSSIA'S BANKING SECTOR	Andrei Ivanov, Natalia Smirnova
		3	URBAN BURIAL PRACTICES AND LAND MANAGEMENT IN JAKARTA	Siti Rahma, Ahmad Sofyan
		4	PHILOSOPHICAL EVOLUTION OF EMIL CIORAN IN THE EUROPEAN CONTEXT	Elena Popescu, Dr. Sorin Petrescu
		5	DYNAMICS OF SOCIO-SPATIAL STRATEGIC PLANNING IN MULTI-PARADIGM SOCIETIES	Amara Chawla, Devesh Rathi
		6	TECHNOLOGY ADOPTION AND SUPPLY CHAIN INNOVATION AMONG LOGISTICS PROVIDERS IN PENANG	Liang Wei Zhou, Chen Yuhang
		7	ORGANIZATIONAL AND HUMAN FACTORS IN SUPPLY CHAIN COLLABORATION: INSIGHTS FROM THE CASTING INDUSTRY	Eva Korhonen, Mika Vainio
		8	IMPACT OF WEBSITE CHARACTERISTICS ON INITIAL CONSUMER TRUST IN ONLINE RETAILING	Jiaqi Zhang, Meihua Liang

EUROPEAN CONFERENCES 7th INTERNATIONAL CONFERENCE ON HUMANITY AND SOCIAL SCIENCES March 1 - 3, 2025 ROME Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224 1 Mart / March 1, 2025 / 11:30 – 13:30 Time zone in Turkey (GMT+3)				
Salon	Moderator		Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title	Authors
HALL / SALON 9	Assoc. Prof. Dr. Bubpha Makesrithongkum	1	THE ROLE OF CREDIT IN AGRICULTURAL PRODUCTION EFFICIENCY IN RURAL COMMUNITIES	Fola Adebayo, Kemi Odunsi
		2	THE GLOBAL APPEAL OF FILM INDUSTRIES IN ASIA AND THEIR FACTORS FOR INTERNATIONAL SUCCESS	Amir Khan
		3	THE EVOLUTION OF TRADITIONAL CENTRAL ASIAN THEATRE AND ITS COMPARATIVE STUDY WITH EUROPEAN AND RUSSIAN PERFORMANCE ART	Assis. Prof. Dr. Rina Kuralbayeva
		4	THE CULTURAL AND POLITICAL ROLE OF BORIA PERFORMANCES IN MALAYSIAN SOCIETY	Ismail Ahmad
		5	THE IMPACT OF MEDIA EXPOSURE ON TEENAGER'S MEDIA LITERACY IN THAILAND	Suriya Chaiyapom
		6	KNOWLEDGE MANAGEMENT AND POWER DISTANCE IN THE DIGITAL AGE OF CUSTOMER SERVICE	Jamil Raza, Dr. Nila Sharma
		7	THE IMPACT OF TRADITIONAL ART FORMS ON CULTURAL UNDERSTANDING AMONG ETHNIC COMMUNITIES	Zhamilya Boldykova, Assel Berdigulova

EUROPEAN CONFERENCES 7th INTERNATIONAL CONFERENCE ON HUMANITY AND SOCIAL SCIENCES				
March 1 - 3, 2025				
ROME				
Meeting ID: 885 7151 8350      Passcode: 202224				
1 Mart / March 1, 2025 / 11:30 – 13:30 Time zone in Turkey (GMT+3)				
Salon	Moderator		Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title	Authors
HALL / SALON 10	Prof. Dr. Adriana Zúñiga Nordfjeld	1	THE IMPACT OF BIO-ECOLOGICAL FACTORS ON PREGNANT WOMEN'S RISK AWARENESS AND SUBSTANCE USE IN SOUTH AFRICA	Mutshinye Manguvhewa, Maria Florence, Mansoo Yu
		2	EXPLORING HUMAN BIAS IN QUALITY MANAGEMENT AND LEAN THEORIES WITHIN THE SHIPBUILDING INDUSTRY	Prof. Dr. Adriana Ávila Zúñiga Nordfjeld
		3	THE EFFECTIVENESS OF SPECIFIC MOBILITY EXERCISES IN IMPROVING PSYCHOMOTOR AND FUNCTIONAL ABILITIES IN INTELLECTUALLY DISABLED CHILDREN	Assist. Prof. J. Samuel Jesudoss
		4	THE IMPACT OF PERSONALITY TRAITS AND LONELINESS ON LIFE SATISFACTION: EXPLORING THE MEDIATING ROLE OF ONLINE FLOW EXPERIENCES	Nina Petrova, Oliver J. Kleiner, Lukas H. Meyer
		5	CAREER GUIDANCE FOR UNIVERSITY FRESHMEN: EXPLORING THE ROLE OF PERSONALITY AND ONLINE FLOW EXPERIENCES	Ming Liu, Jiawen Zhang, Zhiwen Chen
		6	UNDERSTANDING HATE SCHEMAS IN PRISONERS WITH ANTISOCIAL PERSONALITY DISORDER: A COMPARATIVE STUDY OF EMOTIONAL RESPONSES	Ahmed Ali, Nour H. Zakaria, Khaled M. Youssef
		7	MEDIA AND INFORMATION LITERACY FOR YOUTH IN SOUTHEAST ASIA: DEVELOPING CRITICAL THINKING IN THE DIGITAL AGE	Indah R. Pratama, Agus S. Wibowo, Rani D. Wijaya

EUROPEAN CONFERENCES 7th INTERNATIONAL CONFERENCE ON HEALTH, ENGINEERING AND APPLIED SCIENCES March 1 - 3, 2025 ROME Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224 1 Mart / March 1, 2025 / 15:00 – 17:00 Time zone in Turkey (GMT+3)				
Salon	Moderator		Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title	Authors
HALL / SALON 1	Doç. Dr. Sevda UZUN	1	THE ROLE OF LIFESTYLE-RELATED FACTORS, SELF-ESTEEM, AND SELF-RATED HEALTH ON PHYSICAL WELL-BEING AMONG COLLEGE STUDENTS: A CROSS-SECTIONAL STUDY	Vaiva Balciuniene
		2	BIPOLAR DISORDER AND SOCIAL RHYTHM THERAPY	Doç. Dr. Sevda UZUN
		3	EFFECTIVENESS OF DOG-ASSISTED THERAPIES IN DEMENTIA	Doç. Dr. Sevda UZUN
		4	INVESTIGATION OF SOD1 GENE FUNCTIONAL VARIANTS (rs2234694 and 50 bp-INS/DEL) IN BREAST AND GASTROINTESTINAL CANCER PATIENTS	Doç. Dr. Başak Güncer Prof. Dr. Meral Günealdı Prof. Dr. Sacide Pehlivan
		5	MOLECULAR MECHANISMS OF PARTHANATOS AND ITS ROLE IN DISEASES	M.Sc. Yasemin Oyacı M.Sc. Sevde Hasanoglu Sayın Prof. Dr. Sacide Pehlivan
		6	DECARBONIZING HEALTHCARE: THE NEED FOR MORE SUSTAINABLE MEDICAL FACILITIES AND HOSPITALS	Ali Galip Ayvat Pinar Ayvat
		7	IMPROVING ORGAN DONATION SYSTEMS: BRIDGING THE GAP BETWEEN DEMAND AND SUPPLY	Ali Galip Ayvat Pinar Ayvat

EUROPEAN CONFERENCES 7th INTERNATIONAL CONFERENCE ON HUMANITY AND SOCIAL SCIENCES March 1 - 3, 2025 ROME Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224 1 Mart / March 1, 2025 / 15:00 – 17:00 Time zone in Turkey (GMT+3)				
Salon	Moderator	Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title	Authors	
HALL / SALON 2	Assoc. Prof. Dr. Nazile Abdullazade	1	THE ROLE OF BETTING REVENUES IN SPORTS FINANCING IN NORTHERN SCANDINAVIAN COUNTRIES	Yüksek Lisans Öğr., BURAKHAN ÖZMEN Yüksek Lisans Öğr., YAKUP CAN KURT Yüksek Lisans Öğr., SAMET ALİM
		2	ÖĞRETMENLERİN HASSAS TABAN TEORİSİNE İLİŞKİN GÖRÜŞLERİ	DOÇ. DR. AYŞEGÜL AYYILDIZ ASİL ÖĞRETMEN, ABDURRAHMAN ASİL
		3	ÖĞRETMENLERİN VERİ OKURYAZARLIĞI FARKINDALIKLARI	DOÇ. DR. AYŞEGÜL AYYILDIZ ASİL ÖĞRETMEN, ABDURRAHMAN ASİL
		4	TRANSLATOR OF PATRIOTİK IDEALS AHMED JAVAD	Prof. Babayev Yagub Maharram
		5	SINIF ÖĞRETMENLERİNİN ÖZERKLİK ALGILARI VE YAŞAM BOYU ÖĞRENME EĞİMLERİNİN İNCELENMESİ	Yasin KARABULUT Prof. Dr. Ayla YILDIZ
		6	USE OF DIFFERENT LESSON TYPES IN THE DEVELOPING ORAL SPEECH IN LITERATURE LESSONS	Assoc. Prof. Dr. Nazile Abdullazade
		7	DIYANET AFFAIRS PRESIDENCY BASICS OF QURAN COURSES FOR 4-6 AGE GROUP	Master's Degree Student, Emre KESKİN Prof. Dr. Saadettin ÖZDEMİR
		8	Ahıska Türklerinde Etnopedagoji Bağlamında Halk İnançları	Doç. Dr. Minara Aliyeva Çınar Melihcan Akgül
		9	Ortaokul 8. Sınıf Türkçe Ders Kitabında Yer Alan Metinler ve Metinlerdeki Etkinliklerin 2024 Ortaokul Türkçe Dersi Öğretim Programı Bağlamında Değerlendirilmesi	Melihcan Akgül Doç. Dr. Minara Aliyeva Çınar

EUROPEAN CONFERENCES 7th INTERNATIONAL CONFERENCE ON HEALTH, ENGINEERING AND APPLIED SCIENCES				
March 1 - 3, 2025				
ROME				
Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224				
1 Mart / March 1, 2025 / 15:00 – 17:00 Time zone in Turkey (GMT+3)				
Salon	Moderator		Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title	Authors
HALL / SALON 3	Dr. Öğr. Üyesi Seher ÇAKMAK	1	BUILDING FIRES: ASSESSMENT FROM A PUBLIC HEALTH PERSPECTIVE	Dr. Öğr. Üyesi Cihan ÖNEN
		2	TOXIC GAS EMISSIONS IN THERMAL SPRINGS AND POTENTIAL HEALTH RISKS	Dr. Öğr. Üyesi Cihan ÖNEN Doç.Dr. Şakir PARLAKYILDIZ
		3	THE EFFECT OF THE SIX-FOOD ELIMINATION DIET ON THE QUALITY OF LIFE IN INDIVIDUALS WITH CHRONIC CONSTIPATION	Res. Asst. Dr. Enes Bahadır KILIÇ
		4	THE EFFECTS OF THE KETOGENIC DIET ON ATTENTION DEFICIT HYPERACTIVITY DISORDER (ADHD): CURRENT FINDINGS AND POTENTIAL MECHANISMS	Res. Asst. Dr. Enes Bahadır KILIÇ
		5	RELATIONSHIP BETWEEN NUMBER OF MEALS, PHYSICAL ACTIVITY LEVEL AND SLEEP LEVELS OF ADULTS AND ANTHROPOMETRIC MEASUREMENTS	Uzm. Dyt. MERVE SAATCİ Arş. Gör. YASEMİN AÇAR Arş. Gör. Dr. GÜL EDA KILINÇ Doç. Dr. BİRSEN DEMİREL
		6	THE EFFECT OF ADULT INDIVIDUALS' FEAR LEVEL ON DIET QUALITY AND EMOTIONAL EATING BEHAVIORS	Uzm. Dyt. ASLIHAN TURHAN Arş. Gör. Dr. GÜL EDA KILINÇ Arş. Gör. YASEMİN AÇAR Doç. Dr. BİRSEN DEMİREL
		7	HEMŞİRELERDE TEKNOSTRES VE BİREYSEL İŞ PERFORMANSI	Dr. Öğr. Üyesi Seher ÇAKMAK

EUROPEAN CONFERENCES 7th INTERNATIONAL CONFERENCE ON HEALTH, ENGINEERING AND APPLIED SCIENCES				
March 1 - 3, 2025				
ROME				
Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224				
1 Mart / March 1, 2025 / 15:00 – 17:00 Time zone in Turkey (GMT+3)				
Salon	Moderator		Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title	Authors
HALL / SALON 4	Doç. Dr. Okan SEZER	1	COMPONENTS OF PHYTOTHERAPEUTIC PLANTS USED AS ANTIMICROBIAL AGENTS	RPh. Feyza Gul CEYLAN Assoc. Prof. Tuba UNVER
		2	RECOMBINANT PRODUCTION OF SINGLE-CHAIN VARIABLE FRAGMENT ANTIMICROBIAL PEPTIDE (SCFVAMP) FUSION PROTEIN FOR TARGETED CANCER THERAPY	M.Sc. SÜMEYYE ELİF ÖZTÜRK Assoc. Prof. Dr. EMEL ORDU
		3	CRYPHONECTRIA PARASİTİCA ALKOL OKSİDAZ ENZİMİNİN HETEROLOG EKSPRESYONU VE KARAKTERİZASYONU	Yüksek Lisans Öğrencisi, Hüseyin Çelik Dr. Öğretim Üyesi , Günseli Kurt Gür Doç.Dr. Emel Ordu
		4	Alglerin İhtiva Ettiği Biyoaktif Bileşenler ve Sağlık Alanındaki Terapötik Potansiyeli	Dr. GÖKÇE KENDİRLİOĞLU ŞİMŞEK
		5	Haematococcus pluvialis Mikroalg Türünün Yeşil ve Kırmızı Fazlarda Karanlık Ortam Stresi Altında Gelişim, Astaksantin ve Protein Miktarlarındaki Değişimlerin İncelenmesi	Dr. GÖKÇE KENDİRLİOĞLU ŞİMŞEK
		6	DETERMINATION OF POLLEN MORPHOLOGY IN <i>Sorbus aucuparia</i> Poir. (Rosaceae) USING THE ERDTMAN METHOD	Prof. Dr. İsmühan POTOĞLU ERKARA Doç. Dr. Okan SEZER
		7	DETERMINATION OF POLLEN MORPHOLOGY IN <i>Genista tinctoria</i> L. (Fabaceae) USING THE ERDTMAN METHOD	Doç. Dr. Okan SEZER Prof. Dr. İsmühan POTOĞLU ERKARA
		8	INVESTIGATIONS OF POLLEN MORPHOLOGY IN <i>Diospyros lotus</i> L. (Ebenaceae) TAXON GROWING IN ESKİŞEHİR USING SCANNING ELECTRON MICROSCOPY (SEM) METHOD	Doç. Dr. Okan SEZER Prof. Dr. İsmühan POTOĞLU ERKARA
		9	INVESTIGATIONS OF POLLEN MORPHOLOGY IN <i>Callistemon citrinus</i> (Curtis) Dum. Cours. (Myrtaceae) TAXON GROWING IN ESKİŞEHİR USING WODEHOUSE AND SCANNING ELECTRON MICROSCOPE (SEM) METHOD	Prof. Dr. İsmühan POTOĞLU ERKARA Doç. Dr. Okan SEZER

EUROPEAN CONFERENCES 7th INTERNATIONAL CONFERENCE ON HEALTH, ENGINEERING AND APPLIED SCIENCES				
March 1 - 3, 2025				
ROME				
Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224				
1 Mart / March 1, 2025 / 15:00 – 17:00 Time zone in Turkey (GMT+3)				
Salon	Moderator		Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title	Authors
HALL / SALON 5	Prof. Dr. Nebi BİLİR	1	CALIPSO AEROSOL OBSERVATIONS OVER ALBANIA AND THE ADRIATIC SEA	Gladiola Malollari Seit Shallari
		2	VARIATIONS IN SOME GROWTH CHARACTERISTICS IN A SEED COLLECTION AREA OF TAURUS CEDAR	Prof. Dr. Nebi BİLİR
		3	GROWTH IN PLANTATIONS OF TAURUS CEDAR (CEDRUS LIBANI)	Prof. Dr. Nebi BİLİR
		4	EGG SUBSTITUTES USED IN VEGAN FOODS	Yağmur ÖZCAN Prof. Dr. Yeşim ELMACI
		5	AN OVERVIEW OF VALUE-ADDED PROCESSED SEAFOOD IN TURKISH MARKETS FOR CONSUMPTION	Berna KILINÇ İrem KILINÇ
		6	INNOVATION IN SEAFOOD INDUSTRY: THE ROLE OF EMERGING TECHNOLOGIES IN PROCESSING	İrem KILINÇ Berna KILINÇ
		7	A STUDY ON MILK AND DAIRY PRODUCTS CONSUMPTION HABITS OF BALIKESİR UNIVERSITY FACULTY OF VETERINARY MEDICINE STUDENTS	Res. Assist. Dr. Pelin DEMİR Sevda YAĞIZ Assoc. Prof. Yasin BAYKALIR



EUROPEAN CONFERENCES 7th INTERNATIONAL CONFERENCE ON HEALTH, ENGINEERING AND APPLIED SCIENCES				
March 1 - 3, 2025				
ROME				
Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224				
1 Mart / March 1, 2025 / 15:00 – 17:00 Time zone in Turkey (GMT+3)				
Salon	Moderator		Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title	Authors
HALL / SALON 6	Dr. Öğr. Üyesi BURCU DEDEOĞLU	1	SMART POLYMERS: CURRENT APPLICATIONS, CURRENT DEVELOPMENTS AND FUTURE PERSPECTIVES	Nuri BOZKURT Assoc. Prof. Dr. Şeyda TAŞAR Prof. Dr. Gülbeyi DURSUN
		2	COMPUTATIONAL INVESTIGATION OF THE REDUCTION-ACTIVATED PT(IV) PRODRUGS WITH DIAMINE LIGANDS	Dr. Öğr. Üyesi BURCU DEDEOĞLU
		3	TEKSTİLDE KULLANILAN BİYOPOLİMERLER	Nejla ÇEVEN Safiye Berfin DEMİRCAN Prof. Dr. Erhan KENAN ÇEVEN Doç.Dr. Gizem KARAKAN GÜNAYDIN
		4	Synthesis of Propargyl-Functional Monomers for Thiol-Yne Clickable Crosslinked Hydrophilic Polymers	Dr. Tugce Nihal Gevrek
		5	A STUDY OF GAMMA-RAY MASS ATTENUATION COEFFICIENTS OF PVC-BASED POLYMER BLENDS IN XCOM AND GAMOS SIMULATION	Res. Asst. UMUTCAN ŞAHİN Assoc. Prof. Dr. BUKET CANBAZ ÖZTÜRK

EUROPEAN CONFERENCES 7th INTERNATIONAL CONFERENCE ON HEALTH, ENGINEERING AND APPLIED SCIENCES				
March 1 - 3, 2025				
ROME				
Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224				
1 Mart / March 1, 2025 / 15:00 – 17:00 Time zone in Turkey (GMT+3)				
Salon	Moderator		Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title	Authors
HALL / SALON 7	Doç.Dr. ELİF ÇAĞDA KANDEMİR	1	DİKEY BAHÇE TASARIMI ÜZERİNE NİCEL BİR İNCELEME	Prof. Dr., Tuğba KİPER Gizem Senanur GÖZLER
		2	TEKİRDAĞ İLİ VE ERGENE İLÇESİ İKLİM PARAMETRELERİNİN (SICAKLIK, NİSBİ NEM VE YAĞIŞ) KARŞILAŞTIRMALI OLARAK DEĞERLENDİRİLMESİ	Gizem Senanur GÖZLER, Prof. Dr., Tuğba KİPER
		3	COMPARISON OF SOME MECHANICAL PROPERTIES OF ROCK TYPES IN AGGREGATE SELECTION FOR CONCRETE	Dr. Öğr. Üyesi, Tekin YILMAZ Dr. Öğr. Üyesi, Ercüment KOÇ Prof. Dr., Ali Osman YILMAZ
		4	İNSANSIZ HAVA ARACI VE YERSEL ÖLÇÜM TEKNİKLERİ KULLANILARAK DEPREM SONRASI DEFORMASYON ANALİZİ: ADIYAMAN İLİ KAHTA İLÇESİ ERİKDERE MAHALLESİ UYGULAMASI	HASAN ÖZTÜRK AYDAN YAMAN
		5	THE ROLE OF SEISMIC MITIGATION SYSTEMS DURING EARTHQUAKES	Doç.Dr. ELİF ÇAĞDA KANDEMİR
		6	SPECTRAL ANALYSIS OF EARTHQUAKES BASED ON DIFFERENT EPICENTRAL DISTANCES	Doç.Dr. ELİF ÇAĞDA KANDEMİR

EUROPEAN CONFERENCES 7th INTERNATIONAL CONFERENCE ON HEALTH, ENGINEERING AND APPLIED SCIENCES				
March 1 - 3, 2025				
ROME				
Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224				
1 Mart / March 1, 2025 / 15:00 – 17:00 Time zone in Turkey (GMT+3)				
Salon	Moderator		Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title	Authors
HALL / SALON 8	Res. Asst. Bilal Talha AYVAZ	1	New structures about t-norms and t-conorms on bounded lattices	YL Öğrencisi, Ayşe OKTAN Doç. Dr. Naime DEMİRTAŞ
		2	PERFORMANCE EVALUATION OF CURRENT METAHEURISTIC ALGORITHMS FOR DIFFERENT BENCHMARK FUNCTIONS	İSMAİL ÖNER Dr.Öğr.Üyesi, FEYZA ALTUNBEY ÖZBAY Dr.Öğr.Üyesi, ERDAL ÖZBAY
		3	AN INVERSE L-SHAPED MONOPOLE ANTENNA FOR SUB 6 GHZ 5G APPLICATIONS	KAYHAN ÇELİK
		4	ENHANCING LUNG CANCER CLASSIFICATION ON IMBALANCED DATA: A HYBRID APPROACH WITH SMOTE AND FEATURE ENGINEERING	Res. Asst. Bilal Talha AYVAZ Prof. Dr. Ayten ATASOY

EUROPEAN CONFERENCES 7th INTERNATIONAL CONFERENCE ON HEALTH, ENGINEERING AND APPLIED SCIENCES March 1 - 3, 2025 ROME Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224 1 Mart / March 1, 2025 / 15:30 – 17:30 Time zone in Turkey (GMT+3)				
Salon	Moderator		Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title	Authors
HALL / SALON 1	Sofia Petrovic	1	EXPERIMENTAL ANALYSIS OF FIRE-RESISTANCE IN ECO-FRIENDLY CORRUGATED SANDWICH PANELS	Dr. Haruto Tanaka, Dr. Amina Sayeed
		2	IMPACT OF PHYSICAL TRAINING PROGRAMS ON BONE DIMENSIONS IN FEMALE UNIVERSITY STUDENTS	Aisha Rahman, Imran Yousaf
		3	INTERPLAY BETWEEN EXERCISE AND DIET ON NEUROCOGNITIVE FUNCTIONS	Sofia Ibrahim, Kareem Hassan
		4	SPORTS AS A CATALYST FOR COMMUNITY HEALTH IMPROVEMENT	Dr. Tobias Richter, Lena Fischer
		5	IMPROVING SWIMMING PEDAGOGY THROUGH SEQUENTIAL TEACHING MODELS	Maria Fernandez, Luis Oliveira
		6	RELATIONSHIP BETWEEN ATHLETE SATISFACTION AND TEAM DYNAMICS	Renata Kovacs, Balázs Tóth
		7	EFFECTS OF RESISTANCE TRAINING ON GROWTH PARAMETERS IN EUROPEAN MALE TEENS	Sofia Petrovic
		7	CAPACITY ANALYSIS IN DYNAMIC MIMO SYSTEMS WITH SPATIAL MULTIPLEXING	Xiaoyu Li, Dr. Zhiqiang Zhang
		8		

EUROPEAN CONFERENCES 7th INTERNATIONAL CONFERENCE ON HEALTH, ENGINEERING AND APPLIED SCIENCES March 1 - 3, 2025 ROME Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224 1 Mart / March 1, 2025 / 15:30 – 17:30 Time zone in Turkey (GMT+3)				
Salon	Moderator		Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title	Authors
HALL / SALON 2	Prof. Dr. Hassan Rashid	1	ERGONOMIC ENHANCEMENTS FOR OPTIMIZED CYCLING PERFORMANCE IN NON-PROFESSIONAL ATHLETES	Haruto Tanaka, Lin Yu, Li Wei
		2	THE ROLE OF DYNAMIC MOTOR ACTIVITIES IN PRESCHOOLERS' HOLISTIC DEVELOPMENT	Fatoumata Diop, Ibrahim Keita
		3	THE EFFECT OF CONSTRAINTS ON SOCCER PERFORMANCE: A STUDY OF NCAA DIVISION II ATHLETES	Pedro Silva, Grace Chukwuma
		4	IMPACT OF COLLEGE ATHLETIC SUCCESS ON FUNDING AND STUDENT OUTCOMES	Prof. Dr. Hassan Rashid, Dr. Amira El-Masri
		5	BIOMECHANICAL IMPACT OF MEDIAL CUNEIFORM ABNORMALITIES ON GAIT DYNAMICS	Asmaa Khalid, Omar Al-Farouq, Layla Hassan
		6	MACHINE LEARNING-BASED STRATEGIES FOR SOCCER PLAYER INJURY PREVENTION	Dr. Leonardo Oliveira, Dr. Sofia Martinez
		7	QUANTITATIVE ASSESSMENT OF NFL OFFENSIVE LINEMAN PERFORMANCE	Youssef Abdalla, Ahmed Idris, Fatima Elhadi
		8		

EUROPEAN CONFERENCES 7th INTERNATIONAL CONFERENCE ON HEALTH, ENGINEERING AND APPLIED SCIENCES				
March 1 - 3, 2025				
ROME				
Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224				
1 Mart / March 1, 2025 / 15:30 – 17:30 Time zone in Turkey (GMT+3)				
Salon	Moderator		Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title	Authors
HALL / SALON 3	Dr. Thandiwe Nkosi	1	EXPLORING EXERCISE MOTIVATION AMONG HEALTH STUDENTS IN GHANA	Dr. Ama Opoku, Kojo Mensah
		2	LEISURE ACTIVITIES AND WELL-BEING IN NURSING STUDENTS: A CROSS-CULTURAL PERSPECTIVE	Dr. Pedro Lima, Maria Fernanda Ribeiro
		3	NURSING STUDENTS' EXPERIENCES IN MATERNAL HEALTH PRACTICE	Dr. Thandiwe Nkosi, Siphohle Mahlangu
		4	ENHANCING CRITICAL THINKING IN NURSING EDUCATION THROUGH STRATEGIC CURRICULUM DESIGN	Ana de Sousa Hassan Youssouf
		5	RELAXATION STRATEGIES TO REDUCE ANXIETY AMONG NURSING STUDENTS IN CLINICAL SETTINGS	Kwame Mensah
		6	IDENTIFYING LEGIONELLA CONTAMINATION IN WATER SYSTEMS: A PCR-BASED STUDY IN TROPICAL REGIONS	Ahmed Yusuf Mei Xiu
		7	DEVELOPING LEADERSHIP SKILLS IN NURSING STUDENTS THROUGH PARTICIPATORY TRAINING PROGRAMS	Maria Gomes, Nhlanhla Sithole, Noriko Saito
		8	ASSESSING DIGITAL COMPETENCIES AMONG NURSING STUDENTS IN A GLOBALIZED ERA	Fatima Abubakar, Wei Ling Chen

EUROPEAN CONFERENCES 7th INTERNATIONAL CONFERENCE ON HEALTH, ENGINEERING AND APPLIED SCIENCES March 1 - 3, 2025 ROME Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224 1 Mart / March 1, 2025 / 15:30 – 17:30 Time zone in Turkey (GMT+3)				
Salon	Moderator		Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title	Authors
HALL / SALON 4	Adeola Ogunleye	1	PROMOTING CRITICAL THINKING IN NURSING EDUCATION THROUGH INNOVATIVE PEDAGOGY	João Pereira, Emily Neube
		2	CULTURAL INFLUENCES ON PATIENT PAIN MANAGEMENT IN MULTINATIONAL HEALTHCARE SETTINGS	Adeola Ogunleye , Katarina Schmidt
		3	ENHANCING MEDICATION ADMINISTRATION SKILLS THROUGH VIRTUAL SIMULATION IN NURSING EDUCATION	Binta Jallow, Li Wei
		4	PROMOTING CRITICAL THINKING SKILLS IN NURSING STUDENTS THROUGH AN INNOVATIVE PEDAGOGICAL FRAMEWORK	Clara Otieno, Arif Rahman,
		5	RELAXATION TRAINING AND ITS ROLE IN REDUCING ANXIETY AMONG CLINICAL NURSING STUDENTS	Fatima Jameel,
		6	MONITORING LEGIONELLA CONTAMINATION IN MEDICAL FACILITIES USING ADVANCED PCR METHODS	Eunmi Park Yusuf Abdi,

EUROPEAN CONFERENCES 7th INTERNATIONAL CONFERENCE ON HEALTH, ENGINEERING AND APPLIED SCIENCES March 1 - 3, 2025 ROME Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224 1 Mart / March 1, 2025 / 15:30 – 17:30 Time zone in Turkey (GMT+3)				
Salon	Moderator		Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title	Authors
HALL / SALON 5	Isabella Ferreira	1	TEMPERATURE OPTIMIZATION FOR COLD-WATER IMMERSION RECOVERY IN SWIMMERS	Isabella Ferreira Lin Zhang
		2	DESIGNING INTERACTIVE MODULES FOR PERIOPERATIVE NURSING EDUCATION: A PEDAGOGICAL APPROACH	Jin Ho Park, Fatima Adeyemi
		3	IMPLEMENTING IRT MODELS TO ENHANCE ASSESSMENT ACCURACY IN NURSING EDUCATION	Tariq Hussein, Sun-Young Kim
		4	EXPLORING THE CHALLENGES AND SUPPORT ROLES OF CLINICAL PRECEPTORS IN NURSING EDUCATION	Nyasha Mugabe, Ahmed Benkacem
		5	INTEGRATING NUTRITIONAL INTERVENTIONS INTO CARE PLANS FOR PEDIATRIC CANCER PATIENTS	Ying Hua Zhang, Carolina Borges
		6	IMPACT OF HEALTH PROMOTION INTERVENTIONS ON FEMALE INMATES IN VIETNAMESE CORRECTIONAL FACILITIES	Linh Tran, Sofia Almeida
		7	FOSTERING EFFECTIVE NURSE LEADERSHIP IN CHALLENGING HEALTHCARE CONTEXTS	Hassan Karim, Thandiwe Ndlovu
		8	RESILIENCE AND COPING MECHANISMS AMONG HEMODIALYSIS PATIENTS IN RURAL COMMUNITIES	Maria Beatriz Gomes, Diego A. Pereira, Thandiwe Khumalo
		9	PHYSIOLOGICAL PROFILES OF TOP ETHIOPIAN DISTANCE RUNNERS: A COMPARATIVE STUDY	Ibrahim Buba,



EUROPEAN CONFERENCES 7th INTERNATIONAL CONFERENCE ON HEALTH, ENGINEERING AND APPLIED SCIENCES				
March 1 - 3, 2025				
ROME				
Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224				
1 Mart / March 1, 2025 / 15:30 – 17:30 Time zone in Turkey (GMT+3)				
Salon	Moderator		Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title	Authors
HALL / SALON 6	Dr. Mariana López	1	STANDARDIZING NURSING PROTOCOLS FOR PEDIATRIC ORAL CARE IN MALAWI	Dr. Chisomo Banda, Dr. Mercy Nyirenda
		2	HIGH-FIDELITY SIMULATION AS A TOOL FOR INTERPROFESSIONAL EDUCATION IN SOUTH AFRICA	E. Sithole, T. Nkosi, M. Mkhize, L. Dlamini, J. Phakathi
		3	YOGA AS A THERAPEUTIC INTERVENTION FOR CHILDREN WITH CANCER IN GHANA	Assist. Prof. Dr. Nana Akua Mensah
		4	PSYCHOSOCIAL FACTORS INFLUENCING SOCIAL DYSFUNCTION IN SCHIZOPHRENIA PATIENTS IN MEXICO	Dr. Mariana López, Dr. Juan García, Dr. Karla Sánchez
		5	COMPARATIVE STUDY OF CARDIO-RESPIRATORY EFFICIENCY AMONG SWIMMERS AND SPRINTERS	John Mwangi, Zhang Wei
		6	THE CHALLENGE OF MANAGING INTRAMURAL SPORTS IN SECONDARY SCHOOLS: A CASE STUDY FROM LAGOS, NIGERIA	Abdul Malik Adeyemi, Chijioke Okwara
		7	IMPACT OF NUTRITIONAL INTAKE ON MUSCLE DEVELOPMENT IN RESISTANCE TRAINING: A FOCUS ON PROTEINS AND CARBOHYDRATES	Nguyen Thi Lan, Ahmad Kamal
		8	AERODYNAMIC INTERACTIONS IN TEAM PURSUIT SPEED SKATING: INSIGHT FROM WIND TUNNEL TESTING	Lars Svensson, Hana Nguyen

EUROPEAN CONFERENCES 7th INTERNATIONAL CONFERENCE ON HEALTH, ENGINEERING AND APPLIED SCIENCES March 1 - 3, 2025 ROME Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224 1 Mart / March 1, 2025 / 15:30 – 17:30 Time zone in Turkey (GMT+3)				
Salon	Moderator		Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title	Authors
HALL / SALON 7	Assoc. Prof. Dr. Carlos Silva	1	OPTIMIZING PERFORMANCE IN JUDO FOR VISUALLY IMPAIRED ATHLETES: AN AHP APPROACH	Assoc. Prof. Dr. Carlos Silva, Dr. Marta Lopez
		2	PHYSICAL EXERCISE AND ITS IMPACT ON CHEMERIN AND MYOSTATIN LEVELS IN ATHLETES	Lara Gomez
		3	IMPROVEMENTS IN PERFORMANCE MODELS OF COMPRESSORS UNDER VARIED OPERATING CONDITIONS	Dr. Tomoya Ishida, Prof. Samuel M. Anwar
		4	NUMERICAL METHODS IN THE STUDY OF TEMPOROMANDIBULAR DISORDERS: APPLICATIONS AND ADVANCEMENTS	Amina Youssef, Hiroshi Tanaka
		5	OPTIMIZING VOLATILITY FORECASTING WITH NORMALIZED DATA IN LONG-MEMORY MODELS	Paolo Bianchi, Jin Wei, Alhaji S. Sambo
		6	IMPROVING LOUDSPEAKER ACOUSTIC PERFORMANCE WITH AIR VISCOSITY OPTIMIZATION	Dr. Olga Krasnova, Paulo Silva, Daniela G. Ramos
		7	GEOMETRIC PROPERTIES OF LP-SASAKIAN MANIFOLDS WITH CONSTANT COEFFICIENTS	Lamine F. Diallo, Petra M. Schuster
		8	A NOVEL NUMERICAL APPROACH TO REACTION-DIFFUSION SYSTEMS ON CURVED SURFACES	Dr. Harith Kamara, Dr. Lina H. Zhen, Dr. John W. Barrow

EUROPEAN CONFERENCES 7th INTERNATIONAL CONFERENCE ON HEALTH, ENGINEERING AND APPLIED SCIENCES				
March 1 - 3, 2025				
ROME				
Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224				
1 Mart / March 1, 2025 / 15:30 – 17:30 Time zone in Turkey (GMT+3)				
Salon	Moderator		Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title	Authors
HALL / SALON 8	Dr. Amina Osei	1	RELIABILITY ASSESSMENT OF DATA CENTERS USING LRU ALGORITHM AT EAST AFRICAN UNIVERSITY	A. M. Hassan, Nadia Faye, Kofi Mensah
		2	INTEGRATING PROGRAMMING WITH GEOMETRIC CONCEPTS FOR IMPROVED LEARNING OUTCOMES	Maya L. Tanaka, Emmanuel Akinola
		3	AN ADVANCED APPROACH FOR MODELING DEFORMABLE ELASTIC MEMBRANES IN FLUID INTERACTIONS	Lina Oliveira, Haruto Tanaka, Anwar Ahsan
		4	ANALYTICAL METHODS FOR COROTATIONAL MAXWELL FLUIDS IN MANUFACTURING PROCESSES	Li Wei Zhang, Olufemi Adewale,
		5	MODELING STOCHASTIC PROCESSES IN POPULATION DYNAMICS WITH CATASTROPHIC EVENTS	Dr. Leila Martins, Dr. Huan Zhao, Dr. Amina Osei
		6	OPTIMAL DESIGN FOR BLOCKED EXPERIMENTAL STUDIES: A STATISTICAL APPROACH	Lian Chen, Fatima Ahmed
		7	NUMERICAL SOLUTIONS TO DIFFUSION AND CAHN-HILLIARD EQUATIONS ON EVOLVING SPHERICAL GEOMETRIES	Li Xianjun, Maria Orellana
		8	STABILITY ANALYSIS IN AN EXTENDED ENDOCRINE FEEDBACK SYSTEM MODEL	Dr. Alejandro Silva, Dr. Mei Ling Tan

EUROPEAN CONFERENCES 7th INTERNATIONAL CONFERENCE ON HEALTH, ENGINEERING AND APPLIED SCIENCES March 1 - 3, 2025 ROME Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224 1 Mart / March 1, 2025 / 15:30 – 17:30 Time zone in Turkey (GMT+3)				
Salon	Moderator		Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title	Authors
HALL / SALON 9	Assoc. Prof. Dr. Adrián López	1	DEVELOPMENT OF CLOUD-BASED BIM SOFTWARE FOR CONSTRUCTION MANAGEMENT	Hyunsoo Park, Dr. Jinwoo Lee
		2	APPLICATIONS OF CARBON FIBERS IN INDUSTRIAL COMPOSITES	Ali Rezaei, Ali Farhadi
		3	ANALYSIS OF SAFETY RISKS IN CONSTRUCTION SITES AND THE PRIORITY OF IMPROVEMENT MEASURES FROM MULTIPLE PERSPECTIVES	Jiang Wei, Cheng Yu, Hua Wang
		4	STABILITY ASSESSMENT OF STEEL THIN-WALLED BEAMS UNDER LATERAL RESTRAINTS AND THEIR BUCKLING BEHAVIOR	Jan Novak, Martin Kováč, Tomáš Vacek
		5	MULTI-OBJECTIVE OPTIMIZATION OF DISTRIBUTION SYSTEMS WITH DISTRIBUTED GENERATION USING PARTICLE SWARM OPTIMIZATION (PSO)	Farhan Alavi, Shahram Rezaei
		6	DESIGN AND CONTROL OF A HIGH FREQUENCY AC CONVERSION CIRCUIT FOR INDUCTION HEATING APPLICATIONS	Ahmed Mohamed, Tarek Soliman
		7	IMPROVED MAXIMUM POWER POINT TRACKING ALGORITHM FOR PHOTOVOLTAIC SYSTEMS	Carlos Jiménez, Assoc. Prof. Dr. Adrián López
		8	OPTIMAL IMPULSE RESPONSE SHORTENING IN DISCRETE MULTITONE TRANSCIEVERS USING CONVEX OPTIMIZATION	Sami Ahmed, Assis. Prof. Dr. Ali Nasser
		9	INHIBITION KINETIC DETERMINATION OF TRACE AMOUNTS OF RUTHENIUM(III) BY THE SPECTROPHOTOMETRIC METHOD WITH RHODAMINE B IN MICELLAR MEDIUM	Assoc. Prof . Dr. Mohsen Keyvanfard

EUROPEAN CONFERENCES 7th INTERNATIONAL CONFERENCE ON HEALTH, ENGINEERING AND APPLIED SCIENCES March 1 - 3, 2025 ROME Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224 1 Mart / March 1, 2025 / 15:30 – 17:30 Time zone in Turkey (GMT+3)				
Salon	Moderator		Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title	Authors
HALL / SALON 10	Dr. Gesine Hellwig	1	BREAST SKIN-LINE ESTIMATION AND BREAST SEGMENTATION IN MAMMOGRAMS USING FAST-MARCHING METHOD	Phd Student Roshan Dharshana Yapa, Assis. Prof. Dr. Koichi Harada
		2	ENHANCEMENT OF SCATTERER DENSITY IN EDGE AND APPLICATION OF COHERENCE-ENHANCING NONLINEAR ANISOTROPIC DIFFUSION FOR REDUCING MEDICAL ULTRASOUND SPECKLE.	Ahmed Badawi, J. Michael Johnson, Mohamed Mahfouz
		3	T-WAVE DETECTION BASED ON ADJUSTED WAVELET TRANSFORM MODULUS MAXIMA.	Samar Krimi, Kaïs Ouni, Noureddine Ellouze
		4	HYBRID ASSOCIATION CONTROL SCHEME FOR OPTIMIZING PERFORMANCE IN WIRELESS NETWORKS	Sung-Mo Kim, Hyeon-Jeong Park
		5	PROBABILISTIC BROADCASTING IN WIRELESS NETWORKS USING PERCOLATION THEORY	Li Wei, Zhang Xin
		6		

EUROPEAN CONFERENCES 7th INTERNATIONAL CONFERENCE ON HEALTH, ENGINEERING AND APPLIED SCIENCES				
March 1 - 3, 2025				
ROME				
YÜZYÜZE				
Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224				
1 Mart / March 1, 2025 / 17:00 – 19:00 Time zone in Turkey (GMT+3)				
Salon	Moderator		Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title	Authors
HALL / SALON 1	Dr. Gesine Hellwig	1	PİSTON-PERVANE TAHRİKLİ TİHA'LARDA DÜŞEY KUYRUK ALT VETER UZUNLUĞUNUN OTONOM SİSTEM KONTROL MALİYETİNE ETKİLERİ	Doktora Adayı Barlas ÖZGÜR Doç. Dr. Fırat ŞAL Dr. Öğr. Üyesi Oğuz KÖSE Prof. Dr. Tuğrul OKTAY
		2	MARJİNAL ŞEKİL DEĞİŞTİREBİLEN VTOL İHA SİSTEMİNİN MODELLENMESİ VE OTOPILOT SİSTEMİNİN TASARIMI	Doktora Adayı Barlas ÖZGÜR Doç. Dr. Fırat ŞAL Dr. Öğretim Üyesi, ENES ÖZEN Prof. Dr. Tuğrul OKTAY
		3	THE EFFECTIVENESS AND FUTURE OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE APPLICATIONS IN PRODUCTION MANAGEMENT	Dr. Gültekin Gürçay
		4	OPTIMIZATION OF COPPER ELECTROFORMING: AN STUDY ON THE INFLUENCE OF ELECTROFORMING TIME	Dr. Amaneh Manafidizaji
		5	INTEGRATING CERAMIC MATERIALS IN INTERIOR DESIGN: ENHANCING AESTHETIC APPEAL AND ACOUSTIC PERFORMANCE	Khorram Manafidizaji



EUROPEAN CONFERENCES 7th INTERNATIONAL CONFERENCE ON HUMANITY AND SOCIAL SCIENCES  
EUROPEAN CONFERENCES 7th INTERNATIONAL CONFERENCE ON HEALTH, ENGINEERING AND APPLIED  
SCIENCES  
ExART 6TH INTERNATIONAL GROUP EXHIBITION  
March 1 - 3, 2025  
ROME



## Contents

AISI 304 PASLANMAZ ÇELİK MEKANİK ÖZELLİKLERİNE TANE İNCELTİCİ ETKİSİNİN İNCELENMESİ.....	1
DÜZENLİ YAPILI ALÜMİNYUM KÖPÜK MEKANİK ÖZELLİKLERİNE ISIL İŞLEMİN ETKİSİNİN İNCELENMESİ	10
ENHANCED THERMAL NEUTRON SHIELDING WITH B <sub>4</sub> C-REINFORCED AL 6082 COMPOSITES.....	20
NEXT-GENERATION RADIATION SHIELDING: EVALUATING LEAD ALTERNATIVES FOR ENHANCED PROTECTION .....	25
İHA TASARIM SÜRECİNDE KALİTE FONKSİYON GÖÇERİMİ KULLANIMI VE SÜREÇ GELİŞTİRME.....	31
NAVIER-STOKES DENKLEMLERİ KONUSUNDAKİ KAVRAMSAL ANLAMA VE ÖĞRETİM STRATEJİLERİ ÜZERİNE ÖNCÜ BİR ANALİZ.....	41
THE ROLE OF LIFESTYLE-RELATED FACTORS, SELF-ESTEEM, AND SELF-RATED HEALTH ON PHYSICAL WELL-BEING AMONG COLLEGE STUDENTS: A CROSS-SECTIONAL STUDY.....	66
DEMANSTA KÖPEK DESTEKLİ TERAPİLERİN ETKİNLİĞİ .....	72
MEME VE GASTROİNTESTİNAL KANSER HASTALARINDA SOD1 GENİ FONKSİYONEL VARYANTLARININ (rs2234694 ve 50 bp-INS/DEL) ARAŞTIRILMASI.....	78
PARTANATOZUN MOLEKÜLER MEKANİZMALARI VE HASTALIKLARDAKİ ROLÜ .....	87
IMPROVING ORGAN DONATION SYSTEMS: BRIDGING THE GAP BETWEEN DEMAND AND SUPPLY.....	97
DECARBONIZING HEALTHCARE: THE NEED FOR MORE SUSTAINABLE MEDICAL FACILITIES AND HOSPITALS.....	106
BİNA YANGINLARI: HALK SAĞLIĞI PERSPEKTİFİNDEN DEĞERLENDİRME .....	119
KAPLICALARDAKİ ZEHİRLİ GAZ SALINIMI VE OLASI SAĞLIK RİSKLERİ .....	125
THE EFFECT OF THE SIX-FOOD ELIMINATION DIET ON THE QUALITY OF LIFE IN INDIVIDUALS WITH CHRONIC CONSTIPATION .....	131
THE EFFECTS OF THE KETOGENIC DIET ON ATTENTION DEFICIT HYPERACTIVITY DISORDER (ADHD): CURRENT FINDINGS AND POTENTIAL MECHANISMS.....	132
YETİŞKİN BİREYLERİN KORKU DÜZEYİNİN DİYET KALİTESİ VE DUYGUSAL YEME DAVRANIŞLARI ÜZERİNE ETKİSİ .....	133
YETİŞKİN BİREYLERİN ÖĞÜN SAYISI, FİZİKSEL AKTİVİTE DÜZEYİ VE UYKU DÜZEYLERİNİN ANTROPOMETRİK ÖLÇÜMLER İLE İLİŞKİSİ .....	143
HEMŞİRELERDE TEKNOSTRES VE BİREYSEL İŞ PERFORMANSI .....	152
COMPONENTS OF PHYTOTHERAPEUTIC PLANTS USED AS ANTIMICROBIAL AGENTS .....	159
HEDEFLenen KANSER TEDAVİSİ İÇİN TEK ZİNCİRLİ DEĞİŞKEN FRAGMAN ANTİMİKROBİYAL PEPTİT (SCFVAMP) FÜZYON PROTEİNİ'NİN REKOMBİNANT ÜRETİMİ .....	171
CRYPHONECTRIA PARASİTİCA ALKOL OKSİDAZ ENZİMİNİN HETEROLOG EKSPRESYONU VE KARAKTERİZASYONU .....	173
ALGLERİN İHTİVA ETTİĞİ BİYOAKTİF BİLEŞENLER VE SAĞLIK ALANINDAKİ TERAPÖTİK POTANSİYELİ ....	175
<i>Haematococcus pluvialis</i> MİKROALG TÜRÜNÜN YEŞİL VE KIRMIZI FAZLARDA KARANLIK ORTAM STRESİ ALTINDA GELİŞİM, ASTAKSANTİN VE PROTEİN MİKTARLARINDAKİ DEĞİŞİMLERİN İNCELENMESİ .....	176



DETERMINATION OF POLLEN MORPHOLOGY IN <i>Genista tinctoria</i> L. (Fabaceae) USING THE ERDTMAN METHOD .....	177
INVESTIGATIONS OF POLLEN MORPHOLOGY IN <i>Callistemon citrinus</i> (Curtis) Dum. Cours. (Myrtaceae) TAXON GROWING IN ESKİŞEHİR USING WODEHOUSE AND SCANNING ELECTRON MICROSCOPE (SEM) METHOD .....	186
DETERMINATION OF POLLEN MORPHOLOGY IN <i>Sorbus aucuparia</i> Poir. (Rosaceae) USING THE ERDTMAN METHOD.....	194
INVESTIGATIONS OF POLLEN MORPHOLOGY IN <i>Diospyros lotus</i> L. (Ebenaceae) TAXON GROWING IN ESKİŞEHİR USING SCANNING ELECTRON MICROSCOPY (SEM) METHOD .....	202
CALIPSO AEROSOL OBSERVATIONS OVER ALBANIA AND THE ADRIATIC SEA.....	208
VARIATIONS IN SOME GROWTH CHARACTERISTICS IN A SEED COLLECTION AREA OF TAURUS CEDAR 213	
GROWTH IN PLANTATIONS OF TAURUS CEDAR ( <i>CEDRUS LIBANI</i> ) .....	219
VEGAN GIDALARDA KULLANILAN YUMURTA İKAMELERİ.....	225
AN OVERVIEW OF VALUE-ADDED PROCESSED SEAFOOD IN TURKISH MARKETS FOR CONSUMPTION	240
INNOVATION IN SEAFOOD INDUSTRY: THE ROLE OF EMERGING TECHNOLOGIES IN PROCESSING.....	252
INVESTIGATION OF TOTAL AFLATOXIN LEVEL OF WALNUT SAUSAGE (ORCIK) SOLD IN ELAZIG .....	273
AKILLI POLİMERLER: MEVCUT UYGULAMALARI, GÜNCEL GELİŞMELER VE GELECEK PERSPEKTİFLERİ .	274
COMPUTATIONAL INVESTIGATION OF THE REDUCTION-ACTIVATED PT(IV) PRODRUGS WITH DIAMINE LIGANDS.....	276
TEKSTİLDE KULLANILAN BİYOPOLİMERLER.....	277
Synthesis of Propargyl-Functional Monomers for Thiol-Yne Clickable Crosslinked Hydrophilic Polymers .....	290
A STUDY OF GAMMA-RAY MASS ATTENUATION COEFFICIENTS OF PVC-BASED POLYMER BLENDS IN XCOM AND GAMOS SIMULATION .....	291
DİKEY BAHÇE TASARIMI ÜZERİNE NİCEL BİR İNCELEME .....	293
TEKİRDAĞ İLİ VE ERGENE İLÇESİ İKLİM PARAMETRELERİNİN (SICAKLIK, NİSBİ NEM VE YAĞIŞ) KARŞILAŞTIRMALI OLARAK DEĞERLENDİRİLMESİ.....	305
BETON İÇİN AGREGA SEÇİMİNDE KAYAÇ TÜRLERİNİN BAZI MEKANİK ÖZELLİKLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI .....	321
THE ROLE OF SEISMIC MITIGATION SYSTEMS DURING EARTHQUAKES .....	328
SPECTRAL ANALYSIS OF EARTHQUAKES BASED ON DIFFERENT EPICENTRAL DISTANCES.....	333
New structures about t-norms and t-conorms on bounded lattices .....	340
FARKLI KIYASLAMA FONKSİYONLARI İÇİN GÜNCEL METASEZGİSEL ALGORİTMALARIN PERFORMANS DEĞERLENDİRMESİ .....	341
AN INVERSE L-SHAPED MONOPOLE ANTENNA FOR SUB 6 GHZ 5G APPLICATIONS .....	352
ENHANCING LUNG CANCER CLASSIFICATION ON IMBALANCED DATA: A HYBRID APPROACH WITH SMOTE AND FEATURE ENGINEERING.....	353
EXPERIMENTAL ANALYSIS OF FIRE-RESISTANCE IN ECO-FRIENDLY CORRUGATED SANDWICH PANELS	364



IMPACT OF PHYSICAL TRAINING PROGRAMS ON BONE DIMENSIONS IN FEMALE UNIVERSITY STUDENTS ..... 365

INTERPLAY BETWEEN EXERCISE AND DIET ON NEUROCOGNITIVE FUNCTIONS..... 366

SPORTS AS A CATALYST FOR COMMUNITY HEALTH IMPROVEMENT ..... 367

EFFECTS OF RESISTANCE TRAINING ON GROWTH PARAMETERS IN EUROPEAN MALE TEENS..... 368

ERGONOMIC ENHANCEMENTS FOR OPTIMIZED CYCLING PERFORMANCE IN NON-PROFESSIONAL ATHLETES ..... 369

**THE ROLE OF DYNAMIC MOTOR ACTIVITIES IN PRESCHOOLERS' HOLISTIC DEVELOPMENT** ..... 370

THE EFFECT OF CONSTRAINTS ON SOCCER PERFORMANCE: A STUDY OF NCAA DIVISION II ATHLETES ..... 371

IMPACT OF COLLEGE ATHLETIC SUCCESS ON FUNDING AND STUDENT OUTCOMES ..... 372

BIOMECHANICAL IMPACT OF MEDIAL CUNEIFORM ABNORMALITIES ON GAIT DYNAMICS ..... 373

MACHINE LEARNING-BASED STRATEGIES FOR SOCCER PLAYER INJURY PREVENTION ..... 374

QUANTITATIVE ASSESSMENT OF NFL OFFENSIVE LINEMAN PERFORMANCE..... 375

EXPLORING EXERCISE MOTIVATION AMONG HEALTH STUDENTS IN GHANA..... 376

LEISURE ACTIVITIES AND WELL-BEING IN NURSING STUDENTS: A CROSS-CULTURAL PERSPECTIVE.... 377

NURSING STUDENTS' EXPERIENCES IN MATERNAL HEALTH PRACTICE ..... 378

ENHANCING CRITICAL THINKING IN NURSING EDUCATION THROUGH STRATEGIC CURRICULUM DESIGN ..... 379

RELAXATION STRATEGIES TO REDUCE ANXIETY AMONG NURSING STUDENTS IN CLINICAL SETTINGS 380

IDENTIFYING LEGIONELLA CONTAMINATION IN WATER SYSTEMS: A PCR-BASED STUDY IN TROPICAL REGIONS ..... 381

DEVELOPING LEADERSHIP SKILLS IN NURSING STUDENTS THROUGH PARTICIPATORY TRAINING PROGRAMS ..... 382

ASSESSING DIGITAL COMPETENCIES AMONG NURSING STUDENTS IN A GLOBALIZED ERA..... 383

PROMOTING CRITICAL THINKING IN NURSING EDUCATION THROUGH INNOVATIVE PEDAGOGY ..... 384

CULTURAL INFLUENCES ON PATIENT PAIN MANAGEMENT IN MULTINATIONAL HEALTHCARE SETTINGS ..... 385

ENHANCING MEDICATION ADMINISTRATION SKILLS THROUGH VIRTUAL SIMULATION IN NURSING EDUCATION ..... 386

PROMOTING CRITICAL THINKING SKILLS IN NURSING STUDENTS THROUGH AN INNOVATIVE PEDAGOGICAL FRAMEWORK ..... 387

RELAXATION TRAINING AND ITS ROLE IN REDUCING ANXIETY AMONG CLINICAL NURSING STUDENTS ..... 388

MONITORING LEGIONELLA CONTAMINATION IN MEDICAL FACILITIES USING ADVANCED PCR METHODS ..... 389

TEMPERATURE OPTIMIZATION FOR COLD-WATER IMMERSION RECOVERY IN SWIMMERS..... 390



DESIGNING INTERACTIVE MODULES FOR PERIOPERATIVE NURSING EDUCATION: A PEDAGOGICAL APPROACH .....	391
IMPLEMENTING IRT MODELS TO ENHANCE ASSESSMENT ACCURACY IN NURSING EDUCATION .....	392
EXPLORING THE CHALLENGES AND SUPPORT ROLES OF CLINICAL PRECEPTORS IN NURSING EDUCATION .....	393
INTEGRATING NUTRITIONAL INTERVENTIONS INTO CARE PLANS FOR PEDIATRIC CANCER PATIENTS .	394
IMPACT OF HEALTH PROMOTION INTERVENTIONS ON FEMALE INMATES IN VIETNAMESE CORRECTIONAL FACILITIES.....	395
FOSTERING EFFECTIVE NURSE LEADERSHIP IN CHALLENGING HEALTHCARE CONTEXTS.....	396
RESILIENCE AND COPING MECHANISMS AMONG HEMODIALYSIS PATIENTS IN RURAL COMMUNITIES .....	397
STANDARDIZING NURSING PROTOCOLS FOR PEDIATRIC ORAL CARE IN MALAWI.....	398
HIGH-FIDELITY SIMULATION AS A TOOL FOR INTERPROFESSIONAL EDUCATION IN SOUTH AFRICA....	399
YOGA AS A THERAPEUTIC INTERVENTION FOR CHILDREN WITH CANCER IN GHANA.....	400
PSYCHOSOCIAL FACTORS INFLUENCING SOCIAL DYSFUNCTION IN SCHIZOPHRENIA PATIENTS IN MEXICO .....	401
COMPARATIVE STUDY OF CARDIO-RESPIRATORY EFFICIENCY AMONG SWIMMERS AND SPRINTERS..	402
THE CHALLENGE OF MANAGING INTRAMURAL SPORTS IN SECONDARY SCHOOLS: A CASE STUDY FROM LAGOS, NIGERIA.....	403
IMPACT OF NUTRITIONAL INTAKE ON MUSCLE DEVELOPMENT IN RESISTANCE TRAINING: A FOCUS ON PROTEINS AND CARBOHYDRATES .....	404
AERODYNAMIC INTERACTIONS IN TEAM PURSUIT SPEED SKATING: INSIGHT FROM WIND TUNNEL TESTING .....	405
OPTIMIZING PERFORMANCE IN JUDO FOR VISUALLY IMPAIRED ATHLETES: AN AHP APPROACH .....	406
PHYSICAL EXERCISE AND ITS IMPACT ON CHEMERIN AND MYOSTATIN LEVELS IN ATHLETES .....	407
IMPROVEMENTS IN PERFORMANCE MODELS OF COMPRESSORS UNDER VARIED OPERATING CONDITIONS .....	408
NUMERICAL METHODS IN THE STUDY OF TEMPOROMANDIBULAR DISORDERS: APPLICATIONS AND ADVANCEMENTS.....	409
OPTIMIZING VOLATILITY FORECASTING WITH NORMALIZED DATA IN LONG-MEMORY MODELS.....	410
IMPROVING LOUDSPEAKER ACOUSTIC PERFORMANCE WITH AIR VISCOSITY OPTIMIZATION .....	411
GEOMETRIC PROPERTIES OF LP-SASAKIAN MANIFOLDS WITH CONSTANT COEFFICIENTS .....	412
A NOVEL NUMERICAL APPROACH TO REACTION-DIFFUSION SYSTEMS ON CURVED SURFACES.....	413
RELIABILITY ASSESSMENT OF DATA CENTERS USING LRU ALGORITHM AT EAST AFRICAN UNIVERSITY	414
INTEGRATING PROGRAMMING WITH GEOMETRIC CONCEPTS FOR IMPROVED LEARNING OUTCOMES .....	415
AN ADVANCED APPROACH FOR MODELING DEFORMABLE ELASTIC MEMBRANES IN FLUID INTERACTIONS .....	416



ANALYTICAL METHODS FOR COROTATIONAL MAXWELL FLUIDS IN MANUFACTURING PROCESSES ....	417
MODELING STOCHASTIC PROCESSES IN POPULATION DYNAMICS WITH CATASTROPHIC EVENTS.....	418
OPTIMAL DESIGN FOR BLOCKED EXPERIMENTAL STUDIES: A STATISTICAL APPROACH.....	419
NUMERICAL SOLUTIONS TO DIFFUSION AND CAHN-HILLIARD EQUATIONS ON EVOLVING SPHERICAL GEOMETRIES.....	420
STABILITY ANALYSIS IN AN EXTENDED ENDOCRINE FEEDBACK SYSTEM MODEL.....	421
DEVELOPMENT OF CLOUD-BASED BIM SOFTWARE FOR CONSTRUCTION MANAGEMENT .....	422
APPLICATIONS OF CARBON FIBERS IN INDUSTRIAL COMPOSITES.....	423
ANALYSIS OF SAFETY RISKS IN CONSTRUCTION SITES AND THE PRIORITY OF IMPROVEMENT MEASURES FROM MULTIPLE PERSPECTIVES.....	424
STABILITY ASSESSMENT OF STEEL THIN-WALLED BEAMS UNDER LATERAL RESTRAINTS AND THEIR BUCKLING BEHAVIOR.....	425
MULTI-OBJECTIVE OPTIMIZATION OF DISTRIBUTION SYSTEMS WITH DISTRIBUTED GENERATION USING PARTICLE SWARM OPTIMIZATION (PSO) .....	426
DESIGN AND CONTROL OF A HIGH FREQUENCY AC CONVERSION CIRCUIT FOR INDUCTION HEATING APPLICATIONS.....	427
IMPROVED MAXIMUM POWER POINT TRACKING ALGORITHM FOR PHOTOVOLTAIC SYSTEMS .....	428
OPTIMAL IMPULSE RESPONSE SHORTENING IN DISCRETE MULTITONE TRANSCEIVERS USING CONVEX OPTIMIZATION .....	429
INHIBITION KINETIC DETERMINATION OF TRACE AMOUNTS OF RUTHENIUM(III) BY THE SPECTROPHOTOMETRIC METHOD WITH RHODAMINE B IN MICELLAR MEDIUM.....	430
BREAST SKIN-LINE ESTIMATION AND BREAST SEGMENTATION IN MAMMOGRAMS USING FAST-MARCHING METHOD.....	431
ENHANCEMENT OF SCATTERER DENSITY IN EDGE AND APPLICATION OF COHERENCE-ENHANCING NONLINEAR ANISOTROPIC DIFFUSION FOR REDUCING MEDICAL ULTRASOUND SPECKLE.....	432
T-WAVE DETECTION BASED ON ADJUSTED WAVELET TRANSFORM MODULUS MAXIMA.....	433
HYBRID ASSOCIATION CONTROL SCHEME FOR OPTIMIZING PERFORMANCE IN WIRELESS NETWORKS .....	434
PROBABILISTIC BROADCASTING IN WIRELESS NETWORKS USING PERCOLATION THEORY .....	435
PİSTON-PERVANE TAHRİKLİ TİHA'LARDA DÜŞEY KUYRUK ALT VETER UZUNLUĞUNUN OTONOM SİSTEM KONTROL MALİYETİNE ETKİLERİ.....	436
MARJİNAL ŞEKİL DEĞİŞTİREBİLEN VTOL İHA SİSTEMİNİN MODELLENMESİ VE OTOPILOT SİSTEMİNİN TASARIMI.....	442
THE EFFECTIVENESS AND FUTURE OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE APPLICATIONS IN PRODUCTION MANAGEMENT .....	451
OPTIMIZATION OF COPPER ELECTROFORMING: AN STUDY ON THE INFLUENCE OF ELECTROFORMING TIME.....	452
INTEGRATING CERAMIC MATERIALS IN INTERIOR DESIGN: ENHANCING AESTHETIC APPEAL AND ACOUSTIC PERFORMANCE.....	453



European Conferences 7<sup>th</sup> International Conference On Health, Engineering And Applied Sciences  
March 1 - 3, 2025 - Rome  
ISBN NR. : 978-625-5962-30-0

## AISI 304 PASLANMAZ ÇELİK MEKANİK ÖZELLİKLERİNE TANE İNCELTİCİ ETKİSİNİN İNCELENMESİ

**Prof. Dr. Melik ÇETİN**

Karabük Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Metalurji ve Malzeme Mühendisliği Karabük,  
Türkiye, mctetin@karabuk.edu.tr- ORCID ID: 0000-0002-6952-2523

### ÖZET

Östenitik paslanmaz çelikler korozyon karşı dayanıklı malzeme oldukları için son yıllarda geniş bir yelpazede mühendislik uygulamalarında kullanılmaktadır. Paslanmaz çelik ve alaşımlarında katılaşma sırasında ve katılaşmadan sonra tane boyutunun kontrolüyle istenilen mikro yapı elde edilir ve böylece istenilen mekanik özelliklerin kazandırılması sağlanır. Paslanmaz çelik ve gereçlerin mikro yapısıyla mekanik özellik ilişkisi her zaman ön planda tutularak bu malzemelerin servis şartlarına uygun şekilde mikroyapının oluşumu uygun üretim süreçleri kontrol edilmelidir. Paslanmaz çelik üretiminde istenilen özelliklerin sağlanması için modifikasyon sürecinin sıkı kontrolüyle katılaşma sürecinde silisyum şekli, sıvının katılaşma hızı ve döküm sıcaklığının kontrolü ile istenilen modifikasyon verimliliği artırabilir. Paslanmaz grubu ve diğer çelik alaşımlarında tane modifikasyonu işlemi, seçkin ve kaliteli dökümler için oldukça hayati ve gereklidir. Çelik endüstrisinde bor ve ferro-bor içeren tane inceltici alaşım elementleri farklı gayeler için kullanılmaktadır. Paslanmaz çelik içerisine alüminyum, titanyum ve bor ilavesi çeşitli amaçlar için yapıla gelmektedir. Bu çalışmada, en yaygın tercih edilen paslanmaz çelik çeşidi olan AISI 304 çeliği tercih edilmiştir. AISI 304 paslanmaz çelik üretiminde tane inceltici olarak Al-Ti-B ve ferrobör değişik oranlarda ilave ve mikroyapı, mekanik özelliklere etkisi incelenmiştir. Deneysel sonuçlardan vakumsuz indüksiyon ocağında ergitme yapıldığında, prosesin kontrolünün zorlaştığı aynı zamanda bor nitrür oluşması engellenmemiştir. SEM incelemelerinden üretilen 304 paslanmaz çelik malzeme tane boyutlarında küçülme olurken, turuncu renkli köşe renkli parçacıkların ( TiN) yapı içerisinde bulunduğu tespit edilmiştir. X-Ray difraksiyon analizlerin den mikro yapının  $\gamma$ -Fe,  $M_{23}C_6$  ve  $M_7C_3$  fazlarından ve ayrıca  $\gamma$ -Fe içerisinde meydana gelen  $M_7C_3$  ise  $Cr_7C_3$  şeklinde teşekkül ettiği tespit edilmiştir, ayrıca oksit tipi yüzey katmanı ile ve BN'ün oluşumuyla da ilişkidir. Deneysel sonuçlarından bor elementi katılaşma sırasında östenit içerisinde çözünmekte ve böylece östenitik matrisin sertliğini artırmaktadır. Tane inceltici ve bor ilavesi yapılmayan AISI 304 çeliğin sertliği, tane inceltici ve yapı içerisinde bulunan bor bulunan östenitik paslanmaz çeliğin sertliğinden düşüktür. Çekme deneyi sonuçlarında döküm durumu numunelerde bor ilavesinin sertliği artırmasıyla, akma dayanımının azaldığı tespit edilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** AISI 304 Paslanmaz çelik, tane inceltici, sertlik ve mekanik özellikler

## INVESTIGATION OF THE EFFECT OF GRAIN REFINER ON THE MECHANICAL PROPERTIES OF AISI 304 STAINLESS STEEL

**Prof. Dr. Melik ÇETİN**

Karabük University, Faculty of Engineering, Department of Metallurgical and Materials Engineering, Karabük, Türkiye, mcerin@karabuk.edu.tr- ORCID ID: 0000-0002-6952-2523

### ABSTRACT

Austenitic stainless steels have been used in a wide range of engineering applications in recent years because they are corrosion-resistant materials. In stainless steel and its alloys, the desired microstructure is obtained by controlling the grain size during and after solidification, thus providing the desired mechanical properties. The relationship between the microstructure and mechanical properties of stainless steel and materials should always be prioritized, and the formation of the microstructure in accordance with the service conditions of these materials should be controlled through appropriate production processes. In order to achieve the desired properties in stainless steel production, the desired modification can increase efficiency by controlling the silicon shape, solidification rate of the liquid and casting temperature during the solidification process, with tight control of the modification process. Grain modification process in stainless group and other steel alloys is very vital and necessary for elite and high quality castings. Grain refining alloy elements containing boron and ferro-boron are used for different purposes in the steel industry. Addition of aluminum, titanium and boron into stainless steel is done for various purposes. In this study, AISI 304 steel, the most commonly preferred stainless steel type, was preferred. Al-Ti-B and ferrobob were added at different rates as grain refiners in the production of AISI 304 stainless steel and their effects on microstructure and mechanical properties were examined. From the experimental results, when melting was done in a non-vacuum induction furnace, the control of the process became difficult and the formation of boron nitride could not be prevented. While there was a decrease in the grain sizes of the 304 stainless steel material produced from SEM examinations, it was determined that orange corner colored particles (TiN) were present in the structure. From X-Ray diffraction analysis, it has been determined that the microstructure is composed of  $\gamma$ -Fe, M<sub>23</sub>C<sub>6</sub> and M<sub>7</sub>C<sub>3</sub> phases, as well as M<sub>7</sub>C<sub>3</sub> occurring in  $\gamma$ -Fe, as Cr<sub>7</sub>C<sub>3</sub>.

It is also related to the oxide type surface layer and the formation of BN. From the experimental results, boron element dissolves in austenite during solidification and thus increases the hardness of the austenitic matrix. The hardness of AISI 304 steel without grain thinner and boron addition is lower than the hardness of austenitic stainless steel with grain thinner and boron in the structure. In the tensile test results, it was determined that as the addition of boron increased the hardness in the as-cast samples, the yield strength decreased.

**Key Word** : AISI 304 Stainless Steel, grain refiner, hardness and mechanical properties

## GİRİŞ

304 paslanmaz çeliklerde tane boyutu döküm işleminden sonra katılaşma prosesinin kontrolü ile mümkün olmaktadır. Servis şartlarında istenilen mekanik özelliklerin karşılanması ancak mikro yapı kontrolü gerçekleştirilebilmektedir. Östenitik veya diğer paslanmaz çelik türlerinde modifikasyon işlemi ile tane kontrol edilebilmekte, bu amaç içinde silisyum (Si) oluşum şekli, döküm sıcaklığı, soğuma hızı ve prosese değişkenleri modifikasyon işleminin verimliliği üzerinde etkilidir. AISI 304 gibi paslanmaz türlerinde bu amaç için genellikle alüminyum (Al), titanyum (Ti) ve bor (B) ilavesi yapılır. Sıvı çelik içindeki oksijeni Al ilavesiyle deokside olur ve ayrıca akma dayanımı ve darbe tokluğunu da kontrol eder. Malzemenin tane kontrolünde Ti modifikatör olarak kullanılır [1,2]. Östenitik paslanmaz çeliklerin kimyasal bileşiminde bulunan krom (Cr) karbür oluşturma etkisi Ti ilavesiyle önlenmektedir. B ilavesi ise çeliklerin metalurjik yapısı yanı sıra mekanik ve fiziksel özelliklerine önemli katkı sağlamakta [2,3,4,6,7,]. Ayrıca korozif dayanımını önemli ölçü arttırmakta çeliklerin sertleşebilirliğini artırmasına katkı sağlamaktadır [2-8]. Buna ilaveten sıvı çelik bünyesindeki azotun (N) B ile reaksiyona girerek uzaklaştırılmasından ziyade Ti ve Zirkonyum (Zr) tepkimeye sokulması tercih edilir [1,3]. Ayrıca östenitik ve diğer çelik gruplarında B'un verimliliğini arttırmak için N, Ti ve Mo beraber ilave edilmelidir. Yüksek alaşımlı çelik grubu hariç, yüksek sertlik elde edilmesi için cüzi B miktarı katılmalıdır [2-7]. Östenitik 304 paslanmaz çelik, denizcilik, havacılık, nükleer endüstriler, enerji üretimi, kimyasal, organik sıvılar ve ayrıca çatal bıçak takımlarında, boru hatlarında, lavabolarda birçok alanda yaygın olarak kullanılmaktadır ve diğer birçok uygulamada özel korozyon direnci nedeniyle ve belirgin şekilde pasif bir katmanın oluşumu Cr içeriğince desteklenmektedir [8-11]. Üstün özelliklerine rağmen düşük sertliği ve zayıf aşınma performansı nedeniyle kullanımları kısıtlanmıştır [11-14]. Bu sınırlamaları ortadan kaldırmak için ve AISI 304 paslanmaz çelik mekanik, korozyon ve aşınma davranışı iyileştirilmesi amacıyla bor katkılı birçok çalışma yapılmıştır [2,3,4,6,7,14,15,16]. Östenitik AISI 304 paslanmaz malzeme farklı sektörlerde endüstriyel mutfak gereçleri, petro-kimya, gıda, otomotiv , ısıtma ve soğutma sanayi ve ayrıca maden sektöründe kırıcı ve aşınma plate olarak gibi geniş bir kullanım alanı vardır. Östenitik AISI 304L malzemenin sünekliği ve tokluğu oldukça iyidir, fevkalade korozyona dayanma, kaynak kabiliyeti yüksek ve şekil verilebilir oldukça iyi, hidrojen gevrekliğine dayanımı mükemmeldir. Isıl işlem uygulandığında akma mukavemeti azalmaktadır [1,17]. Literatürde farklı gruplardaki paslanmaz çelik malzeme mekanik davranışı [18-21 ve korozif özellikleriyle ilgili yeterince çalışma mevcuttur [22- 25]. Bu araştırmada, AISI 304 malzemesine katılan Al-Ti-B ve ferro-bor un, mikroyapı, sertlik ve çekme davranışına tesiri incelenmiştir.

## DENEYSEL ÇALIŞMA

Bu çalışmada kullanılan numunelerin AISI 304 paslanmaz çelik üretimi ve sıvı AISI 304 içerisine farklı oranlarda Al, Al-Ti-B ve Ferrobor ilavesiyle ilgili ayrıntılı bilgi daha önceki [26,27] çalışmamızdan görülebilir. Deneysel çalışma için üretilen AISI 304 paslanmaz çelik numunelerin spektro analizi Çizelge 1'de gösterilmiştir.



**Çizelge 1. AISI 304 çelik kimyasal kompozisyonu, %**

	C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Al	Ti	B
Saf	0.085	0.65	0.78	<0.001	<0.001	17.715	8.93	0.014	0.002	<0.001
10ppm	0.090	0.79	0.81	<0.001	<0.001	18.443	8.69	0.073	0.024	0.001
40ppm	0.085	1.20	1.05	<0.001	<0.001	18.793	8.96	0.052	0.023	0.004

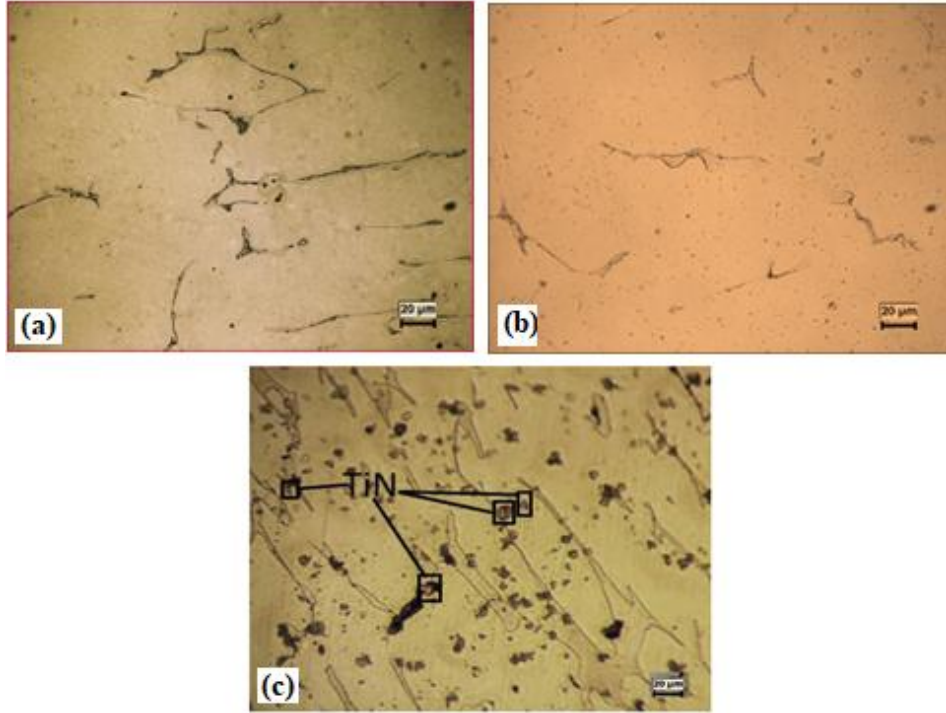
Çizelge 1’den görüleceği gibi AISI 304 numunelerden B ilavesi yapılmamış numunenin kimyasal kompozisyonunda %0,014 Al ve % 0,002 Ti tespit edilmiş, bu durum sanayi şartlarında üretim yapıldığı için ergitme kullanılan AISI paslanmaz çelik hurdasının homojen karışıma sahip olamamsından kaynaklanmaktadır.

Mikroyapı çalışmalarında standart işlem olarak sırasıyla 180, 320, 600, 800, 1000, 1200 ve 2000 mesh’lik zımparalarla numuneler hazırlanmıştır ve daha sonra 3 µm’luk Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> ve elmas pasta ile parlatılmıştır. Alkol ile numune yüzeyleri temizlenmiş, elektrolitik dağlayıcı olarak 10 gr okzalik asit 100 ml saf su karışımı kullanılarak dağlama yapılmış ve numune yüzeyleri alkolle tekrar yıkanmış ve ılık havayla kurutulmuş numuneler Nikon marka optik mikroskopta incelemeye uygun hale getirilmiştir. Numunelerin sertlikleri SHIMADZU marka mikro sertlik cihazıyla ve 0,5 kg yük altında, HV türünde ve 10 farklı bölgeden ölçüm alınmış ve ölçümlerin ortalaması alınmıştır. Çekme deneyinde SHIMADZU Marka 50 KN kapasiteli çekme cihazı kullanılmıştır. Çekme deneyleri için TSEN 6892-1:2010 B standardına göre numuneler hazırlanmıştır. X-ray kırınım testleri RIGAKU D/MAX2200/PC marka cihazla yapılmıştır. Analizler 1.54056°A dalga boyuna sahip CuKα radyasyonundan istifade edilerek 2θ açısı ile 20° ile 100° aralığında yapılmıştır. SEM çalışmaları Carl Zeiss Ultra Plus Gemini Fesem tip cihazda gerçekleştirilmiştir.

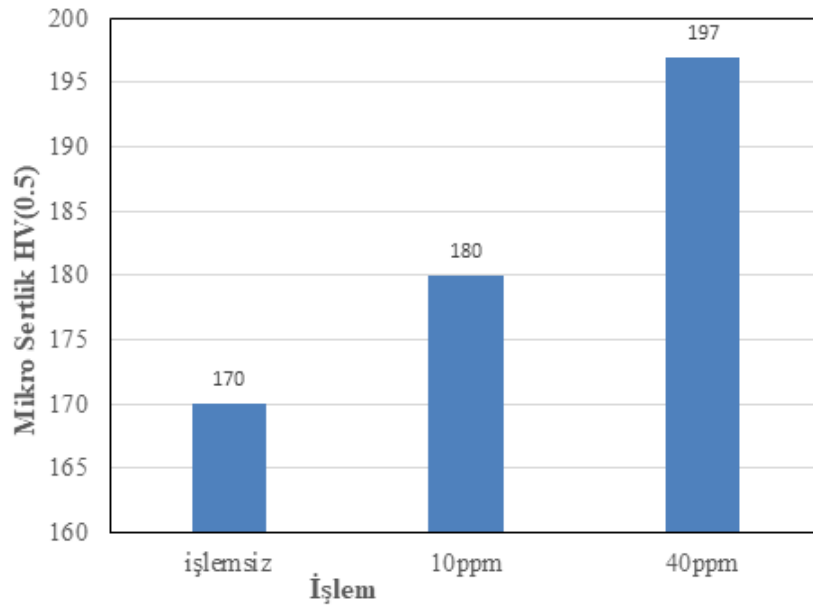
## DENEYSEL SONUÇLAR

Alaşımız, 10 ppm ve 40ppm B ilaveli östenitik AISI 304 malzemelerin mikro yapılar Şekil 1.(a-c)’de gösterilmiştir. Şekil 1.(a)’den alışımsız numunenin mikroyapısının östenit’ten oluşmaktadır. B ilave edilen AISI 304 numunelerin mikro yapıları Şekil 1.(b)-Şekil 1.(c)’ de verilmiştir. Şekillerden görüleceği üzere numunelerin mikro yapıların metal matris ve ötektik yapıdan oluşmaktadır. Paslanmaz çelik numunenin katılaşmasıyla östenit oluşur, östenitin Ti, B ve Cr19Ni9 metal dışı bileşik yapıdan meydana gelmektedir [28,29]. Çalışmalarda dört bileşenli Fe-25Cr-C-B alaşımın faz diyagramından görüleceği ifade edilmektedir [30].

Şekil 2. de sonuçları ortalama HV sertlik değerlerini gösteren grafik bulunmaktadır. AISI 304 paslanmaz çelik malzemelerin çekme deneyi sonuçları Çizelge 2’de gösterilmiştir. Çekme test sonuçlarından görüleceği gibi akma dayanımının bor miktarı arttıkça azaldığı gözlenmiştir. % uzamada ise dayanım artarken belirgin bir düşme meydana gelmiştir ve bileşiminde 10 ppm B olan numunenin yüzde uzamasında artış olduğu, ayrıca dayanım artarken sünekliğin azalması tokluğun azaldığını göstermektedir (Çizelge 2).



Şekil 1. Isıl işlemsiz (a) alaşımsız (b) 10 ppm ve (c ) 40 ppm AISI 304 paslanmaz çelik malzemeye ait mikroyapılar



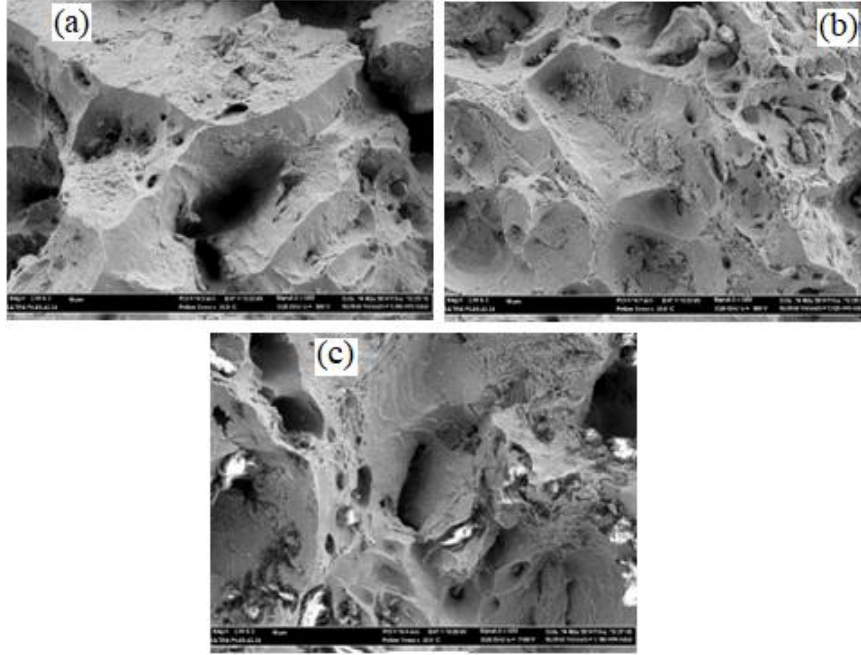
Şekil 2. AISI 304 paslanmaz çelik malzemenin sertlik değerleri

Çizelge 2. AISI 304 malzemesinin çekme test sonuçları

Name	Break Strain	Max Force	Max Disp	Max Stress	Max Strain
Unit	%	kN	mm	N/mm <sup>2</sup>	%
Alaşımsız	84,59	12,23	20,75	622,93	83,04
10ppm	69,29	11,01	16,91	561,02	67,64

40ppm	67,62	10,51	16,74	535,47	66,96
-------	-------	-------	-------	--------	-------

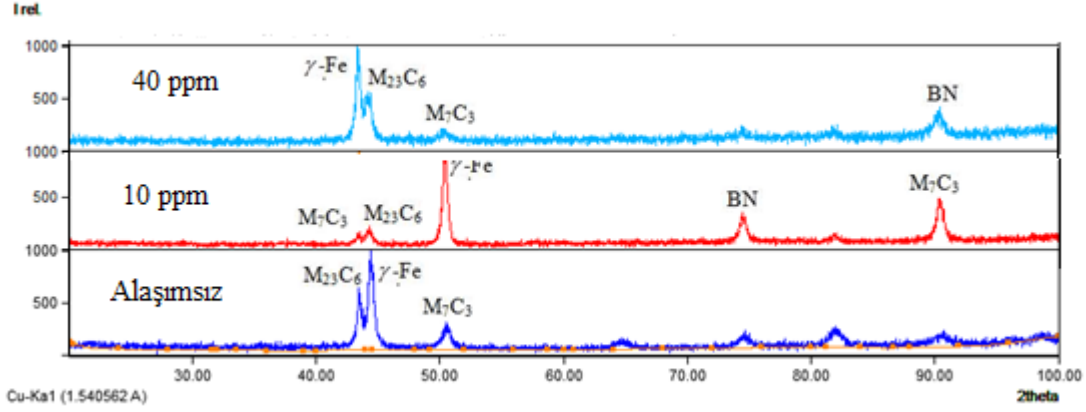
Numunelere kırık yüzey görüntüleri Şekil 3’de verilmiştir. Şekil 3’deki kırılma yüzeylerinden görüleceği gibi genel olarak sünek kırılma morfolojisinin hakim olduğu, bunun yanı sıra numunelere ilave edilen B oranının artışına bağlı olarak kısmen gevrek kırılmalar meydana gelmektedir.



**Şekil 3.** Isıl işlemsiz numunelere ait kırık yüzey görüntüleri (a) saf malzeme, (b)10ppm, (c)-40ppm borlu numune

Şekil 4’de ısıl işlemsiz AISI 304 paslanmaz çelik numunelere ait X-ray analizi verilmiştir. X-Ray difraksiyon sonuçlarından alaşımsız numunenin mikro yapısında  $\gamma$ -Fe,  $M_{23}C_6$  ve  $M_7C_3$  fazlarının olduğu görülmektedir. 10 ppm B ilave edilen numunenin X-ray analizinde yapının  $M_7C_3$ ,  $M_{23}C_6$ ,  $\gamma$ -Fe, BN ve  $M_7C_3$  den oluştuğu görülmektedir. 40ppm B ilave edilen numunenin yapısı ise  $\gamma$ -Fe,  $M_{23}C_6$ ,  $M_7C_3$  ve BN bileşiklerden oluştuğu tespit edilmiştir. Bilindiği gibi oluşan karbürler malzemeye ilave edilen alaşım elementlerinin karbon elementi ile yaptığı sert ve dayanımı yüksek olan kompleks bileşiklerdir. Genel olarak kompleks karbür oluşturmak için Mn, Cr, Mo, W, Ta, V, Nb ve Ti gibi alaşım elementleri ilavesi yapılagelmektedir[31,32]. Yukarıda verilen alaşım elementlerinin karbona afiniteleri oldukça yüksektir ve ilgileri soldan sağa doğru artmaktadır. Bu fazlardan  $\gamma$ -Fe simgesiyle verilen fazın ismi östenitik demir olarak isimlendirilir. Bunun yanı sıra mikro yapıda  $\gamma$ -Fe içerisinde  $M_7C_3$  ise  $Cr_7C_3$  bileşimde meydana gelmiştir [15]. X-Ray çalışmasında  $M_{23}C_6$  bileşimi şeklinde tespit edilen fazın ve  $(Cr,Fe)_{23}C_6$  bileşimde meydana gelen karbürler ise tane sınırlarında film şeklinde oluşmaktadır ve bu karbürlerin şekil üzerinde faz isimleri belirtilmiştir. Zor ayrıışan kompleks karbürler, östenitik faz içerisinde katı çözeltilinin dışında bulunurlar ve böylece tane büyümesini engel olurlar.  $M_{23}C_6$  karbürleri kompleks kübik yapıdadırlar ve malzeme mikro yapısında tane sınırlarında film şeridi, yuvarlağımsı, plaka, yaprak şeklinde ve hücremsi formda

oluşmaktadır. Paslanmaz ve diğer çelik türlerinde oluşan tüm karbürlerin, çeliğin oda sıcaklığındaki mukavemetine olan katkıları yaklaşık benzerdir, ayrıca bu durum veya katkı çelik kimyasal bileşimden bağımsızdır [13].



Şekil 4. Isıl İşlemsiz AISI 304 paslanmaz çelik malzemelere ait X-ray difraksiyon analizi

## SONUÇLAR

1. Vakumsuz indüksiyon ocağında döküm işlemi, prosesin kontrolünü zorlaştırmakta ve aynı zamanda bor nitrür oluşması engellenememiştir.
2. Optik mikroskopla mikroyapıda tespit edilen turuncu renkte köşeli parçacıklar ise titanyum nitrür (TiN)'dür.
3. Farklı miktarda B ilave edilmiş AISI 304 paslanmaz çelik numunelerde B ilavesiyle birlikte sertlik yükselmiş ve 40ppm bor içeren AISI 304 numunede 27 HV<sub>0.5</sub> değerinde bir artış gözlenmiştir.
4. 40ppm bor içeren AISI 304 paslanmaz çeliğinde ise sertliğin arttığı, çekme ve akma dayanımının azaldığı gözlenmiştir.
5. X-Ray difraksiyon sonuçlarından mikro yapıda  $\gamma$ -Fe fazı, M<sub>23</sub>C<sub>6</sub>, M<sub>7</sub>C<sub>3</sub> ve BN karbürleri tespit edilmiştir

## KAYNAKÇA

1. Davis, J.R.; Stainless steel. In ASM Specialty Handbook, 1st ed.; ASM International: Northeast, OH, USA, 1994.
2. Dong, J.X., Siciliano Jr., F., Jonas J.J., Liu, W.J., Essadiqi, E., ISIJ International, 40, 613-618, 2000
3. Mun, D.J., Shin, E.J., and Koo, Y.M., Nucl. Eng. Technol., vol. 43, p. 1., 2011,
4. Bai, D.Q., Yue, S., Jonas, J.J., Maccagno, T.M., Metallurgical and Material Transactions A, 29, 1383-1394, 1998.
5. Tsuji, N., Matsubara, Y., Sakai, T., and Saito Y., ISIJ Int., vol. 37, p. 797-806, 1997.
6. Tungtrongpaibroj, J., Uthaisangsuk, V., Bleck, W., Journal of Metals, Materials and Minerals, 19, 29, 2009.
7. Fu, H., Ma, S., Hou, J., Lei, Y., and Xing, J., J. Mater. Eng. Perform., 22, 1194, 2013 .
8. Shabani-Nooshabadi, M. and Ghandchi, M.S., J. Ind. Eng. Chem., vol. 31, p. 231, 2015.
9. Tesler, A.B., Kim, P., Kolle, S., Howell, C., Ahanotu, O., and Aizenberg, J., Nat. Commun., vol. 6, p. 1, 2015.
10. Bhandari, J., Lau, S., Abbassi, R., Garaniya V., Roberto, O., Denis, L., and Faisal, K., J. Loss Prev. Process Ind., vol. 47, p. 10., 2017.
11. Çetin, M., Ölmez, E., Corrosion, Wear and Mechanical Properties of Boron Added Cast 304 Stainless Steel , Protection of Metals and Physical Chemistry of Surfaces, Vol. 56, No. 3, pp. 619–627, 2020.
12. De Las Heras, E., Egidi, D.A., Corengia, P., Santamaria, D.G., and Matrinez, M.F., Surf. Coat. Technol., vol. 202, p. 2945, 2008.
13. Yetim, A.F., Yıldız, F., Alsaran, A., and Çelik, A., Kovove Mater., vol. 46, p. 105, 2008.
14. Çetin, M., Effect of Boron Added Corrosion Behavior of Cast 304 Stainless Steel , Protection of Metals and Physical Chemistry of Surfaces, , Vol. 55, No. 6, pp. 1217–1225, 2019.
15. Çetin, M., Ölmez, E., Effect of Boron Addition on Mechanical Properties of Cast AISI 304 Stainless Steel. Journal of Current Researches on Engineering, Science and Technology, 4 (2), 55-74, 2018.
16. Rai, A.K.; Raju, S.; Jeya Ganesh, B.; Panneerselvam, G.; Vijayalakshmi, M.; Jayakumar, T.; Raj, B. Investigation of high temperature phase stability, thermal properties and evaluation of metallurgical compatibility with 304L stainless steel, of indigenously developed ferroboron alternate shielding material for fast reactor applications. Nucl. Eng. Des. 2011
17. Baek, J.H.; Kim, Y.P.; Kim, W.S.; Kho, Y.T. Effect of temperature on the charpy impact and CTOD values of type 304 stainless steel pipeline for LNG transmission. KSME Int. J. 16, 351–357, 2002.
18. Hedayati, A.; Najafzadeh, A.; Kermanpur, A.; Forouzan, F. The effect of cold rolling regime on microstructure and mechanical properties of AISI 304L stainless steel. J. Mater. Process. Tech. 210, 1017–1022, 2010.
19. Switzner, N.T.; van Tyne, C.J.; Mataya, M.C. Effect of forging strain rate and deformation temperature on the mechanical properties of warm-worked 304L stainless steel. J. Mater. Process. Tech. 210, 998–1007, 2010.
20. Weber, S.; Martin, M.; Theisen, W. Impact of heat treatment on the mechanical properties of AISI 304L austenitic stainless steel in high-pressure hydrogen gas. J. Mater. Sci. 47, 6095–6107, 2012.
21. Bai, T.; Chen, P.; Guan, K. Evaluation of stress corrosion cracking susceptibility of stainless steel 304L with surface nanocrystallization by small punch test. Mater. Sci. Eng. A Struct. 561, 498–506, 2013.
22. Bai, T.; Guan, K. Evaluation of stress corrosion cracking susceptibility of nanocrystallized stainless steel 304L welded joint by small punch test. Mater. Des. 52, 849–860, 2013.
23. Roffey, P.; Davies, E.H. Eng. Fail. Anal., 44, 148–157, 2014.
24. Li, W.J.; Young, M.C.; Lai, C.L.; Kai, W.; Tsay, L.W. Corros. Sci. 68, 25–33, 2013.

25. Hartono W, Goto S, Aso S and Komatsu Y. International Journal of Cast Metals Research, , 17(4), 206-212, 2004.
26. Ölmez, E., Çetin, M., Bor İlavesinin 304 Paslanmaz Çelik Malzemenin Mekanik Özelliklerine Etkisinin İncelenmesi , International Iron & Steel Symposium, 02-04 Nisan, 2012. Karabük.
27. Ölmez, E., MSc Thesis, Karabuk Univ. Natural and Applied Sciences, Karabük, 2014.
28. Allan G K. Solidification of austenitic stainless steels. Ironmaking and Steelmaking, 22(6): 465-477, 1995.
29. Hartono W, Goto S, Aso S and Komatsu Y. Wear characteristics of Fe–25Cr–C–B eutectic cast alloys. International Journal of Cast Metals Research, 17(4): 206-212, 2004.
30. Paju, M., Hougardy, H. P., Grabke, H.J., ‘Effects of boron alloying on the properties of a low-carbon low-alloying steel’, Scandinavian Journal of Metallurgy, 18, 235-242, 1989.
31. Allan G. K., ‘Solidification of austenitic stainless steels’, Ironmaking and Steelmaking, 22(6): 465-477, 1995.
32. Verma, A., Gopinath, K. and Sarkar, S. B., ‘Boron steel: an alternative for costlier nickel and molybdenum alloyed steel for transmission gears’, The Journal of Engineering Research, Vol. 8(1), 12-18, 2009.

## DÜZENLİ YAPILI ALÜMİNYUM KÖPÜK MEKANİK ÖZELLİKLERİNE ISIL İŞLEMİN ETKİSİNİN İNCELENMESİ

**Prof. Dr. Melik ÇETİN**

Karabük Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Metalurji ve Malzeme Mühendisliği Karabük,  
Türkiye, mctin@karabuk.edu.tr- ORCID ID: 0000-0002-6952-2523

### ÖZET

Metalik bazlı köpükler, doğal süngerler gibi gözenekli bir yapıdan oluşurlar. Ancak doğal bir ürün değildirler. Gözenekli yapıları, bazı özel işlemler sonrasında meydana gelir. Doğal köpükle hiçbir ilgisi olmamasına rağmen görünüm ve bazı özelliklerinden dolayı “metalik köpük” olarak adlandırılırlar ve köpükler, tamamen çözülmeyen bir gaz ile bir sıvının dağılımını kapsayan, farklı işlemler ile oluşturulmuş iki faz karışımının sonucudur. Bu işlem emülsiyon işlemine çok benzemektedir fakat köpük içerisinde gaz fazının bulunmasından dolayı farklılık gösterir. Polimer ve cam köpükler düşük ısı iletkenlikleri sebebi ile ısı yalıtkanlık gerektiren uygulamalarda, son derece iyi enerji emme kapasitesi gösterdiklerinden dolayı da ambalajlamada kullanılırken, seramik köpükler yüksek sıcaklık dayanımları sebebiyle metal döküm sektöründe filtreleme gibi uygulamalarda kullanılmaktadır. Metal köpükler hafiflik ve rijitlikleriyle iyi derecede ısı ve ses izolasyonu ve iyi alev kapama özelliği sağlamlarının yanı sıra otomotiv ve havacılık uygulamalarında kullanılır. Bu çalışmada, AA6061 alüminyum alaşımı kullanılarak, döküm yöntemiyle açık gözenekli ve düzenli yapıli metalik köpük malzeme üretilmiştir. Shell maça kalıplama tekniği kullanılarak, özel çelik kalıplarda ve hidrolik sistemli makinelerde düzenli yapıli maçalar üretilmiş, kalıp içerine üst üste yerleştirilen bu maçalara döküm yapılarak düzenli yapıli açık gözenekli alüminyum köpük oluşturulmuştur. Üretilen numunelere T6 ısıli işlemi uygulanmış, ısıli işleminin numunelerin sertlik gibi mekanik özelliklerine etkileri incelenmiştir. T6 uygulanmış ve işlemsiz açık gözenekli ve düzenli yapıli köpük numunelerin mikro yapısal karakterizasyon, SEM ve X-Ray kırınım analizi ile yapılmıştır. Deneysel çalışma sonucunda, 175°C 6 saat yaşlandırılan numunelerde yaklaşık olarak % 55,2 gibi bir oranda sertlik artışı elde edilmiştir. Buna ilaveten 6 saat yaşlandırılan numunelerin diğer numunelere göre daha mukavemetli ve daha sünek yapıda oldukları tespit edilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Alüminyum köpük, T6, düzenli yapı, açık gözenek, mekanik özellikler.

## INVESTIGATION OF THE EFFECT OF HEAT TREATMENT ON THE MECHANICAL PROPERTIES OF REGULAR STRUCTURED ALUMINUM FOAM

**Prof. Dr. Melik ÇETİN**

Karabük University, Faculty of Engineering, Department of Metallurgical and Materials  
Engineering, Karabük, Türkiye, mctin@karabuk.edu.tr- ORCID ID: 0000-0002-6952-2523

### ABSTRACT

Metallic-based foams consist of a porous structure like natural sponges. However, they are not a natural product. Their porous structures are formed after some special processes. Although they have nothing to do with natural foam, they are called “metallic foam” due to their appearance and some of their properties, and foams are the result of a mixture of two phases formed by different processes, involving the dispersion of a completely insoluble gas and a liquid. This process is very similar to the emulsion process but differs due to the presence of a gas phase in the foam. While polymer and glass foams are used in applications requiring thermal insulation due to their low thermal conductivity and in packaging because they show extremely good energy absorption capacity, ceramic foams are used in applications such as filtering in the metal casting industry due to their high temperature resistance. Metal foams, with their lightness and rigidity, provide good heat and sound insulation and good flame trap properties, and are used in automotive and aviation applications. In this study, open-pore and regular-structured metallic foam material was produced by casting method using AA6061 aluminum alloy. Using the Shell core molding technique, regular structured cores were produced in special steel molds and hydraulic system machines, and regular structured open pored aluminum foam was created by casting into these cores placed one above the other in the mold. T6 heat treatment was applied to the produced samples, and the effects of the heat treatment on the mechanical properties of the samples, such as hardness, were examined. Microstructural characterization of T6-treated and untreated open-pore and regular-structured foam samples was performed by SEM and X-Ray diffraction analysis. As a result of the experimental study, an approximately 55,2% increase in hardness was achieved in samples at 175°C aged for 6 hours. In addition, it was determined that the samples aged for 6 hours were stronger and more ductile than the other samples.

**Key Word** : Aluminum foam, T6, regular structure, open pore, mechanical properties

### GİRİŞ

Gözenekli malzemeler düşük yoğunluğa sahip olmaları, dayanımlarından herhangi bir kayıp olmadan, ısı ve elektrik gibi fiziksel özelliklerinin ön plana çıkması nedeniyle kullanım alanları sürekli gelişmekte ve üretimine yönelik ciddi gelişmeler görmek mümkündür. Polimer poroz malzemelerden esinlenilerek özellikle hafif metallerin poroz malzeme olarak



değerlendirilebileceği fikrinden hareketle metalik köpük üretimi denemeler yapılmış ve oldukça başarılı sonuçlar alınmıştır. Bu malzemelerin mukavemetin herhangi bir kayıp olmadan yoğunluklarının düşük olması, sertliklerinin yeterince iyi olması bunun yanında darbe dayanımlarının gözenek morfolojisine göre değişiklik göstermesi nedeniyle oldukça çalışma yapılmasına neden olmuş, ayrıca endüstriyel üretimleri de yaygınlaşmaya başlamıştır. Poroz malzemeler örneğin otomotiv, askeri, havacılık ve inşaat gibi çeşitli sektörler için düşük yoğunluk, darbe emici, akustik ve ısıl özellikleri nedeniyle oldukça caziptir ve yaygın olarak kullanılmaktadır [1,2]. Poroz malzemeler de poroz/gözenek veya hücrelerin uniform halde olması istenilen özellikler açısından oldukça önem arz eder ve gözeneklerin uniform olmadığı zaman yöne bağlı özelliklerde ciddi farklılıklar oluşur. Farklı bileşime sahip Al malzemenin üretilen köpüğün çekme, basma dayanımı ve kırılmaya karşı gösterdiği direnç Fleck, et.al [3] araştırılmış ve üretilen köpük malzemelerin akma dayanımı, tokluk ve boşaltma modu poroz malzemenin açık veya kapalı gözenek yapısına göre değişkenlik gösterdiği, bununla birlikte her tür gözenek yapısının yoğunluğunda çok az değişim olduğu ve kapalı poroz yapılı köpüğün yoğunluğunda bir miktar artış gözlemlenmiştir. Kapalı gözenekli poroz malzemeyi Nutt ve Song [4] direkt köpürtme tekniğiyle üretmişlerdir ve köpürtme prosesinde sıvı Al mekanik olarak karıştırılmış ve uygun akışkanlık elde edilince sıvı metal içerisine ajanı olarak granül enjekte etmişlerdir. Diğer bir çalışmada ise açık gözenekli Cu köpük üretiminde boşluk tutucu olarak NaCl kullanılmış daha sonra sinterleme yapılarak poroz üretmişlerdir [5]. Kapalı gözenekli Al köpük üretimi için Raj ve Daniel [6] sıvı Al içerisine belirli miktar titanyum hidrür (TiH<sub>2</sub>) köpürtücü ajan kullanmışlar ve üretim parametre değişkenlerin etkisini araştırmışlardır. Açık gözenekli düzenli veya düzensiz morfolojiye sahip metalik köpük üretiminde genelde boşluk tutucu malzeme kullanılmaktadır, boşluk tutucu olarak sırasıyla Shi ve arkadaşları [7] sodyum klorür, Liu ve arkadaşları [8] kalsiyum klorür partikülleri, Şahin [9], Şahin ve Çetin [10], (% 60 silis kumu, %20 kil(bağlayıcı) ve %20 su) karışımı kullanarak, bu karışımdan 8 mm çapında küresel şekilli kum topları, Sunar ve Çetin [11] boşluk tutucu tuz ve poroz malzeme dayanımını yükseltmek amacıyla bor karbür (B<sub>4</sub>C) ilavesi yapmışlar ve ayrıca ürettikleri açık gözenekli poroz malzemelerin bilgisayarlı tomografisini çekmişler ve poroz oranını %60-70 aralığında tespit etmişler, % 0.5 B<sub>4</sub>C ilave edilmiş poroz numunelerin mukavemetinin en yüksek olduğunu, seramik takviye ilavesi arttıkça mukavemet azalmıştır. Guifang ve arkadaşları [12] Al köpüklerin ses absorbe etme ve sönümlenme davranışını incelemişlerdir. Açık gözenekli poroz malzemelerin bilgisayarda modellemesini Wang ve Pan [13] araştırmışlar, ayrıca Herdering ve arkadaşları [14] döküm endüstrisinde kullanılan filtre imalatı için replikasyon prosesinde şablon olarak poliüretan porozlar yerine, 3D pirinterle poliamid 12 şablon köpükler kullanarak filtre üretimini gerçekleştirmişlerdir. Önceki çalışmalarda, açık gözenekli düzensiz yapıya sahip metal köpük üretiminde yer tutucu olarak; sırasıyla 8mm çapında küresel şekilli döküm kumu [9,10], tuz [7,8,11,14-19] kullanılmışlar ve toz metalurjisi ile sinterleme-çözündürme tekniği [5,20,21,22] ve bunlara ilaveten bilgisayarda modelleme ve rastgele üretim yöntemi [12,13] kullanılmıştır. Diğer çalışmalarda ise 3D yazıcılarla düzenli yapılı açık gözenekli yapı üretimi veya modelleme üzerinde çalışmalar mevcuttur[23-26]. Kapalı gözenekli metal köpük üretiminde titanyum hidrür (TiH<sub>2</sub>) ile köpürtme [3,4,6,21,22] tekniği kullanmışlardır. Döküm tekniğiyle düzenli ve açık gözenekli yapıya sahip metalik poroz malzeme üretimi literatür tespit edilememiştir.

Çalışmada, istenilen gözenek tür ve boyutu Solidworks programında tasarım yapılarak sonra kokil kalıp imalatı, kokil kalıplarda Shell maça tekniği kullanılarak ünform yapılı maçalar üretilecek, üretilen Shell maçalar üst üste dizilerek kalıp elde edilerek, sıvı Al kalıba dökülerek düzenli yapılı açık gözenekli numuneler üretilecek, üretilen poroz malzemelere T6 ısıl işlemi uygulanacak. Mikroyapı, sertlik, gözeneklilik ve X-ray kırınım analizi yapılacaktır.

## 2. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

Düzenli yapılı alüminyum köpük üretimiyle ilgili ayrıntılı bilgiyi daha önceki çalışmamızdan [26,27] görülebilir. Düzenli yapılı metalik poroz üretimi için sıvı halde viskozitesi yüksek olan AA6061 Al malzeme tercih edilmiştir. Döküm işleminden sonra numuneden alınan spektral analizler Çizelge 1.'de verilmiştir.

Çizelge 1. AA6061 Al poroz kimyasal analizi

Alaşım elementi, %	Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Zn	Ti	Al
Döküm sonrası	0,78	0,47	0,81	0,53	1,0	0,2	0,1	Kalan

Şekil 1'de görülen AA6061 Al düzenli köpük malzemedan, T6 ısıl işlemi numuneler kesilmiş, kesilen numunelere T6 ısıl işlemi, çözeltiye alma, su verme ve suni yaşlandırma uygulanmıştır. T6 ısıl işleminde 500°C'de 10 h çözündürme, sonrada suda su verme ve 175°C'de sırasıyla 2, 4, 6, 8 saat yaşlandırma ve daha sonra oda sıcaklığına havada soğutma yapılmıştır.



Şekil 1. T6 ısıl işleminde kullanılan Düzenli gözenekli açık gözenekli AA6061 Alüminyum numune.

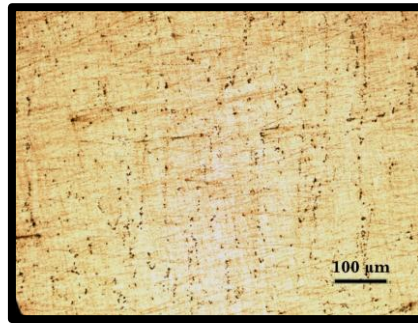
Sertlik deneyleri için metalik porozdan 20 mm boyunda ve Ø55 mm kesitinde numuneler hazırlanmış ve Shimadzu mikro sertlik ölçüm cihazında HV 0,5 test yükü, 4,903 N test kuvveti ile 20 saniye süre ile uygulanmıştır. Her bir numune için 5 farklı sertlik alınmış, ölçülen değerlerinin aritmetik ortalaması alınmıştır. X-ray kırınım analizleri RİGAKU ULTİMA IV DIFFRACTOMETER cihazla, 2Q/dk ölçüm hızı olarak yapılmıştır. Döküm yöntemiyle

üretileen düzenli yapılı alüminyum köpük numunelerdeki yoğunluğu belirlemek amacıyla ölçülen ağırlık değerlerinin boyut ölçümlerinden hesaplanan hacim değerlerine bölünmesiyle yoğunluk hesaplanmıştır. Düzenli yapılı alüminyum köpük numunelerin gözeneklilik ölçümleri ise deneysel çalışmada kullanılan AA6061 alüminyum alaşımının teorik yoğunluğunun, üretileen köpük numune yoğunluğuna olan farkının 100 ile çarpılıp, alaşımın teorik yoğunluğuna bölünmesi ile elde edilmiştir. AA6061 Alüminyum alaşımı için teorik yoğunluk  $2,7 \text{ gr/cm}^3$  değeri alınmıştır.

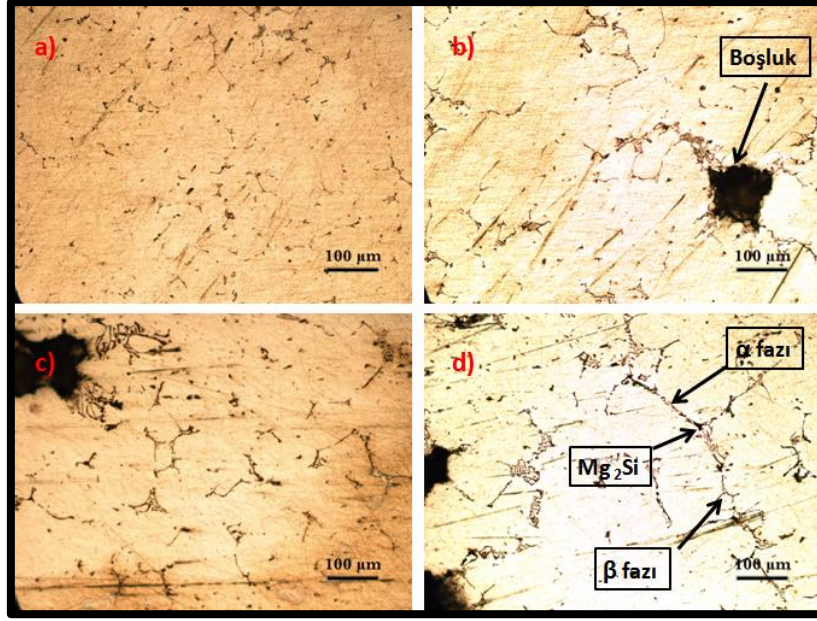
(4.1)

### 3. SONUÇLAR VE DEĞERLENDİRME

İşlemsiz numunenin mikroyapı görüntüsü Şekil 2. 'de verilmiştir.  $175^\circ\text{C}$ 'de uygulanan suni yaşlandırma işlemi sonrası numunelerin mikroyapı görüntüleri Şekil 3 (a-d) 'de verilmiştir Çözeltiliye alma ve suda su vermeden sonra 2 saat ve 4 saat yaşlandırma işlemiyle aşırı doymuş katı çözelti içerisinde  $\beta$  fazları çözünmüş halde bulunur, bu fazların çözünme işlemi yaşlandırma sıcaklığı ve süresinin etkisiyle çekirdeklenir ve difüzyon ile büyümeye başlar [28-30]. Bununla birlikte bu sıcaklıkta yaşlandırma için 2 saat ve 4 saat süreleri düzenli bir çekirdeklen oluşması için yetersizdir. Şekil 3c'den mikroyapıdan görüleceği üzere yaşlandırma süresinin 6 saate çıkarılmasıyla, 4 saatlik yaşlandırılan numuneyle karşılaştırıldığında yüksek çekirdeklenmenin oluştuğu uniform ve kararlı  $\alpha + \beta$  çökeltisinin oluşturduğu, ve ayrıca yapı içerisinde  $\beta$  fazının şekil ve boyutu değişmektedir. Şekil 3d'deki mikroyapıdan görüleceği 8 saat yaşlandırılan numuneyle 6 saat yaşlandırılmışla karşılaştırıldığında, sürenin artmasının mikroyapıdaki üniform yapının yerine yapıda aşırı çökeltilerin ( $\text{Mg}_2\text{Si}$ ) oluştuğu görülmektedir ve bu oluşan çökeltiler Şekil 5'de verilen işlemsiz, farklı sürelerde yaşlandırılan numunelere ait X-ray sonuçlarından görülmektedir.

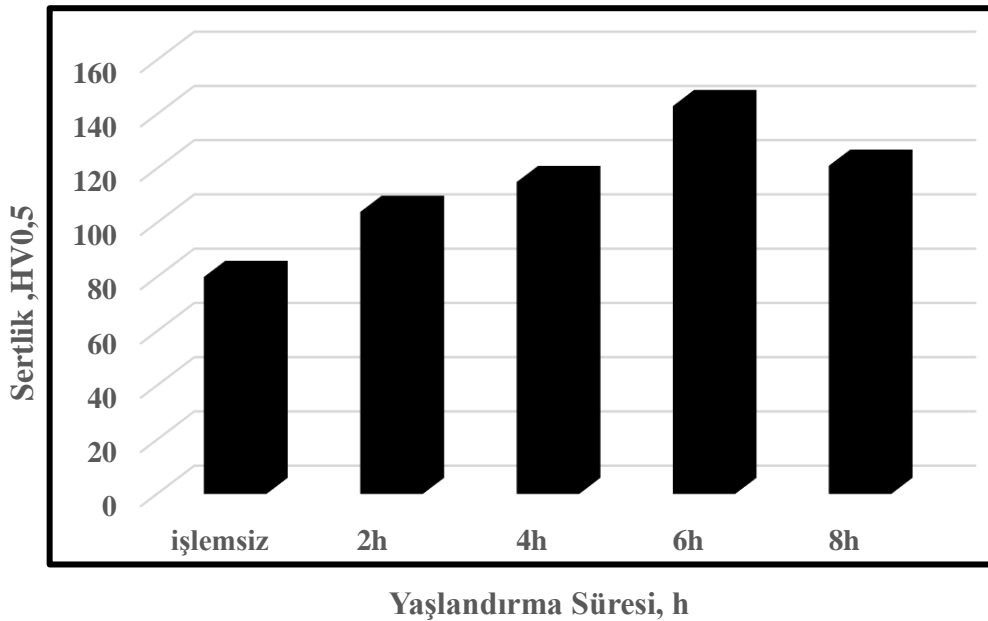


Şekil 2. İşlemsiz numunesine ait mikroyapı görüntüsü.



Şekil 3 Farklı sürelerde yaşlandırma numunelerin mikroyapı resimleri  
 a)2 saat, b)4 saat, c)6 saat, d)8 saat

İşlemsiz ve farklı sürelerde yaşlandırılan numunelerin sertlikleri Şekil 4’de verilmiştir. Şekil 4’den görüleceği işlemsiz numunenin ortalama sertliği 79 HV olduğu yaşlandırma süresine bağlı olarak sertliğin arttığı, en yüksek sertlik 6h yaşlandırılan numuneden 143 HV olarak ölçülmüştür. 2h, 4h, 8h yaşlandırılan numunelerin sertlikleri sırasıyla,104 HV,115 HV ve 121 HV’dir. Yaşlandırma prosesiyle AA6061 Al açık gözenekli köpük malzemenin sertliği takribi %55,2 oranında artmıştır. Yaşlandırma süresinin 6 saatten 8 saate çıkmasıyla sertlik 143 HV’den 121 HV’ye düşmüştür.



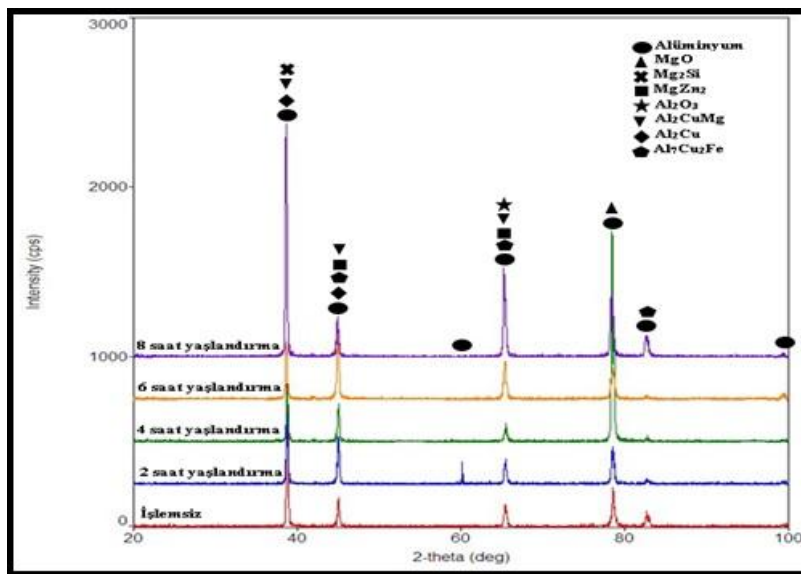
Şekil 4. 175°C yaşlandırılan AA6061 numunelere ait sertlik değerleri.

Yapılan çözeltiye alma, oda sıcaklığındaki su içerisinde hızlı soğutma ve yaşlandırma ısı işlemleriyle birlikte numunelerdeki sertlik değerlerinde yüksek bir artış sağlanmıştır. Ayrıca Şekil 4 ve Şekil 5 birlikte değerlendirildiğinde yaşlandırma süresinin artmasıyla sertliğin yükselmesi köpük malzeme mikroyapısında Şekil 5’deki’deki X-ray sonuçlarından tespit edilen ince çökeltilerin ve MgO, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Mg<sub>2</sub>Si demir dışı fazların oluşmasıyla, numunelerin sertliklerinin yükselmesine sebep olmuştur, her bir sürede farklı çökelti demir dışı fazların oluşmasıyla sertlik değişkenlik tespit edilmiştir. Shell maça yöntemiyle üretilen düzenli yapılı açık gözenekli alüminyum poroz numunelerin ölçülen yoğunluk ve gözeneklilik değerleri Çizelge 2’de verilmiştir. Çizelge 2.’de verilen değerlere bakıldığında gözeneklilik oranlarının üretilen numunelerin düzenli yapıda olmasından dolayı birbirine çok yakın değerlerde olduğu görülmektedir.

Döküm AA6061 alaşımıyla üretilen numunelerde 5 farklı T6 ısı işlem parametresi uygulanarak oluşan fazların ve kırınım düzlemlerinin belirlenmesi için, İşlemsiz ve yaşlandırma uygulanan numunelerin X-ray kırınım sonuçları Şekil 5’de verilmiştir. X-ray kırınım sonuçların bakıldığında, yaşlandırılan tüm numunelerde yaklaşık benzer demir dışı fazlar/bileşikler tespit edilmiştir. T6 yaşlandırma ısı işlemiyle AA6061 malzeme bileşiminde

Çizelge 2. Deneysel numunelerinin ortalama gözeneklilik oranları.

Deneysel Numuneleri	Gözeneklilik (%)
İşlemsiz	60,40
Yaşlandırma 2 h	60,19
Yaşlandırma 4 h	60,35
Yaşlandırma 6 h	60,21
Yaşlandırma 8 h	60,31



Şekil 5. İşlemsiz, 2-4-6-8 saat yaşlandırılan numunelerine ait X-ray sonuçları

Al ve Mg bulunması, bu elementlerden teşekkül eden intermetalik fazların piklerini arttırdığı ve aynı zamanda değişik Al-Mg zengini intermetaliklerin oluşturduğu tespit edilmiştir. Şekil 5'deki X-ray kırınım sonuçlarına bakıldığında işlemsiz AA6061 Al malzeme de farklı intermetaliklerin oluştuğunu göstermektedir. literatürde oluşan intermetalikler  $Al_7Cu_2Fe$ , (Al,Cu) (Fe,Cu) ve  $Mg_2Si$  olarak tanımlanmıştır [31-34]. T6 ısıtma işlemiyle yaşlandırma süresinin artışıyla malzeme yapısında mikroyapı bileşenleri GP bölgeleri ile yarı kararlı  $\eta'$  ( $MgZn_2$ ) çökeltilerinden oluşmaktadır. Buna bağlı olarak, malzemede 20°C ile 200°C sıcaklık 60 dakika yaşlandırma süresi arasında yüksek mekanik özellikler elde edilebilmektedir. Bu durum malzemelerin sertliklerini yükeltirken, uzama miktarlarında da düşmeye neden olmaktadır. Önceki çalışmalarda T6 ısıtma işleminin  $Mg_2Si$  çökeltilerini oluşturduğu belirtilmiştir [34]. Şekil 5'den işlemsiz numune ve 2h-4h-6h-8h saat yaşlandırma uygulanan numunelerde (benzer olarak) (39-45-60-67-79-84-99) 2-theta derecede Al, (45-67-79) 2-theta derecede Mg, (39-45-67-84) 2-theta derecede Al-Cu fazlarının oluştuğu tespit edilmiştir. T6 ısıtma işlemi uygulanan numunelerde, (45-67-84) 2-theta derecede Al-Cu-Fe fazlarının oluştuğu görülmektedir [34]. Şekil 5'den AA6061 alaşımının X-ray kırınım analizden ana pikin Al olduğu, küçük piklerinde ikincil faz partikülleri AlMgCu ve MgSi olduğu tespit edilmiştir [35].

#### 4. SONUÇLAR

1. İşlemsiz döküm durumu poroz numunenin sertliği 79 HV'dir.
2. Yaşlandırmadan sonra düzenli açık poroz köpük numunelerin sertliği yaşlandırma süresine bağlı olarak değişmekte ve en yüksek sertlik 143 HV ölçülen 6 saat yaşlandırılan numunede ölçülmüştür.
3. AA6061 köpük numunelerde yaklaşık %60 gözeneklilik tespit edilmiştir.
4. İşlemsiz ve yaşlandırılmış numunelerin X-ray kırınım analizlerinden yapıda; MgO,  $Mg_2Si$ ,  $MgZn_2$ ,  $Al_2O_3$ ,  $Al_2CuMg$ ,  $Al_2Cu$  ve  $Al_7Cu_2Fe$  intermetalik fazların oluştuğu tespit edilmiştir.

#### KAYNAK

- 1.Ashby, M.F., Evans, A.G., Fleck, N.A., Gibson, L.J., Hutchinson, J.W., Wadley, H.N.G. Metal foams: A design guide : Butterworth-Heinemann,. Boston, 2000.
- 2.Banhart, J., Manufacture, characterisation and application of cellular metals and metal foams, Progress in Materials Science, 559–632,46, 2001.
- 3.Olurin, O. B., Fleck, N. A., Ashby, M.F., “Deformation and fracture of aluminium foams”, Materials Science and Engineering A, 291, 136–146,2000.
- 4.Song, Z., Nutt, S. R., “Rheology of foaming aluminum melts”, Materials Science and Engineering A, 458, 108–115, 2007.
- 5.Wang, Q. Z., Cui, C.X., Liu, S. J., Zhao, L. C., “Open-celled porous Cu prepared by replication of NaCl space-holders”, Materials Science and Engineering A, 527, 1275–1278, 2010.
- 6.Raj, E. R., Daniel, B, S, S., “Customization of closed-cell aluminum foam properties using design of experiments”, Materials Science and Engineering A, 528, 2067–2075, (2011).

7. Guo, C., Zou, T., Shi, C., Yang, X., Zhao, N., Liu, E., He, C., “Compressive properties and energy absorption of aluminum composite foams reinforced by in-situ generated MgAl<sub>2</sub>O<sub>4</sub> whiskers”, *Materials Science & Engineering A*, 645, 1–7, 2015.
8. Liu, J. A., Gao, F., Rao, Y. Q., Wu, C. L., Liu, Y., “Compressive properties of aluminum foams produced by replication route using spheroidal calcium chloride as space holder”, *Materials Transactions*, 55, 12-15, 2014.
9. Şahin, O., Döküm yöntemi ile alüminyum metal köpük üretimi, Karabük Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Karabük, 2017.
10. Şahin, O., Çetin M., Production open cell metal foam by casting method, 2nd International Conference on Material Science and Technology in Cappadocia (IMSTEC'17), 11-13, Nevşehir, 2017.
11. Sunar, T., Çetin, M., “An experimental study on boron carbide reinforced open cell aluminum foams produced via infiltration”, *Engineering, Technology & Applied Science Research*, Vol. 8, 3640-3645, 2018.
12. Guifang, L., Baokun, H., Huaiqian, B., “Application and Analysis of the New Functional Materials of Foam Aluminum” *MATEC Web of Conferences*, 05007, 2016.
13. Wang M., Pan N. “Modeling and prediction of the effective thermal conductivity of random open-cell porous foams” *International Journal of Heat and Mass Transfer*, 51, 1325–1331, 2008.
14. Herdering, A., Abendroth, M., Gehrea, P., Hubáľková, J., Anezirisa, C.G., “Additive manufactured polyamide foams with periodic grid as templates for the production of functional coated carbon-bonded alumina foam filters”, *Ceramics International*, 45, 153-159, 2019.
15. Fabrizio, Q., Boschetto, A., Rovatti, L., Santo, Loredana., “Replication casting of open-cell AlSi7Mg0.3 foams”, *Materials Letters*, 65, 2558–2561, 2011.
16. Tan, X. P., Tan, Y. J., Chow, C.S.L., Tor, S.B., Yeong, W.Y., Metallic powder-bed based 3D printing of cellular scaffolds for orthopaedic implants: A state-of-the-art review on manufacturing, topological design, mechanical properties and biocompatibility, *Materials Science and Engineering C*, 76, 1328-1343, 2017.
17. Medik, F., Sunar, T., Çetin, M., Yaşar, M., L., Turan, Production of open cell aluminum foam by vacuum casting method, 10TH The International Conference on Materials Science and Engineering ,9-11 March, , in, Romania, page:27, Brasov, 2017
18. Çetin, M., Sunar, T., Production of open cell aluminum foam by vacuum casting method, 2nd International Science Symposium “Science Festival” September 05-08, 2017, -Geogia, page:285-290, Tbilisi, 2017.
19. Sunar, T., Çetin, M., Production of open cell aluminum foam by vacuum casting method, IATS'17, 8 th International Advanced Technologies Symposium, Fırat University on 16-18 May, page:1849-1853, Elazığ, 2017.
20. Duarte, I., Vesenjāk, M., Krstulović-Opara, L., “Variation of quasi-static and dynamic compressive properties in a single aluminium foam block”, *Materials Science & Engineering A*, 616, 171–182, 2014.
21. Uzun, A., Turker, M., “ALSİ7 Köpüklerin Gözenek Morfolojisi Üzerine B4C İlavesinin Etkisi”, *Gazi Üniv. Müh. Mim. Fakültesi Dergisi*, 30(3), 523-532, 2015.
22. Uzun, A., Turker, M., “The investigation of mechanical properties of B4C-reinforced AlSi7 foams”, *International Journal of Materials Research*, 106(9), 970-977, 2015.
23. Sunar, T., Çetin, M., Vacuum Casting Process to Produce Open Celled Al-Foams, 1st International Symposium on Light Alloys and Composite Materials (ISLAC'18), ,22-24 March 2018, p:424-426, Karabük, 2018.
24. Çetin., M., 2019, Döküm yöntemiyle kapalı gözenekli metal köpük üretimi ve özelliklerin incelenmesi, 4. Uluslararası 3D Baskı (Eklemeli İmalat) Teknolojileri ve Dijital Endüstri Kongresi 11 - 14 Nisan, p:308-314, Antalya 2019.

25. Çetin., M., 2019, Tersine mühendislik ile düzensiz şekilli açık gözenekli metal köpük morfolojisinin incelenmesi, 4. Uluslararası 3D Baskı(Eklemeli İmalat) Teknolojileri ve Dijital Endüstri Kongresi 11 - 14 Nisan, p:303-307, Antalya 2019.
- 26.Çetin, M, Yaşar, M., 3D yazıcıyla üretilen açık gözenekli köpük modellerin gerçek üretim şartlarıyla karşılaştırılması, 4. International Congress On 3D Printing (additive Manufacturing) Technologies and Digital Industry, 11-14 April, p-297-302. Antalya, 2019.
27. Medik, S., Döküm yöntemi ile açık gözenekli düzenli yapılı alüminyum köpük üretimi ve mekanik özelliklerine ısıl işlemin etkisinin incelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Karabük Üniversitesi, Fen Bilimler Enstitüsü, Karabük, 2019.
- 28.Yao, S-J.Y., Tang, Q- H., Yang, J., Wang, C-Y., Sun, H-F., Rong, R-L., Sun., H-R., Chu, G-N., Microstructural characterization and mechanical properties of 6061 aluminum alloy processed with short-time solid solution and aging treatment , Journal of Alloys and Compounds 960,170704, 2023.
- 29- Nageswara,Rao, P., Singh, D., Heinz-Günter, B., Jayaganthan, R., Effect of ageing on tensile behavior of ultrafine grained Al6061alloy, Materials Science&Engineering A 641,391–40,1,2015.
30. Ozturk F., Sisman, A., Toros, S., Kilic, S., Picu, R.C., Influence of aging treatment on mechanical properties of 6061 aluminum alloy, Materials and Design 31, 972–975,2010.
- 31.Naeem H. T., Mohammad K.S., and Ahmad K.R., "The effect of microalloying of nickel, RRA treatment on microstructure and mechanical properties for high strength aluminum alloy", Advanced Materials Research, 925: 253-257,2014.
- 32.Kumar , P. V., Reddy G. M., and Rao K. S., "Microstructure, mechanical and corrosion behavior of high strength AA7075 aluminium alloy friction stir welds–Effect of post weld heat treatment", Defence Technology, 11 (4): 362-369, 2015.
- 33.Bayoğlu, S., Al-Si-Mg alaşımlarına ilave edilen Cu ve Fe'nin mikroyapı ve mekanik özelliklere etkisi, Karabük Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü,Yüksek Lisans Tezi, Karabük, 2015.
- 34.Özyürek D., Yılmaz R., and Kibar E., "RRA işleminde yeniden çözeltilmeye alma parametrelerin 7075 alüminyum alaşımlarının çekme dayanımına etkisi", Gazi Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi, 27 (1): 193-203, 2012.
35. Mohan, K., Suresh, J.A., Ramu, P., Jayaganthan, R., Microstructure and mechanical behavior of Al 7075-T6 subjected to shallow cryogenic treatment, Journal of Materials Engineering and Performance , 25(6), 1-10,2016.



## ENHANCED THERMAL NEUTRON SHIELDING WITH B<sub>4</sub>C-REINFORCED AL 6082 COMPOSITES

Lect. Zübeyde ÖZKAN\*

Gazi University, [zubeydeozkan@gazi.edu.tr](mailto:zubeydeozkan@gazi.edu.tr)- 0000-0003-2901-7749

Prof. Dr. Uğur GÖKMEN

Gazi University, [ugurgokmen@gazi.edu.tr](mailto:ugurgokmen@gazi.edu.tr) -0000-0002-6903-0297

### ABSTARCT

Shielding thermal neutrons is crucial for nuclear safety and protection from nuclear fallout. Despite their low energy, thermal neutrons strongly interact with materials and play a vital role in nuclear reactors and various industrial applications. Therefore, selecting the appropriate shielding material is essential. In this study, B<sub>4</sub>C ceramic material was incorporated into the Al 6082 matrix at 3%, 6%, and 9% weight fractions to evaluate its neutron shielding properties. The Linear Attenuation Coefficient (LAC) and Mass Attenuation Coefficient (MAC) values of these composite materials were obtained using the NGCal program for thermal neutrons at 25.4 meV energy. The results indicate that with increasing B<sub>4</sub>C content, the LAC values of the Al 6082-based shielding materials significantly improved, highlighting the potential of B<sub>4</sub>C-reinforced composites as effective alternatives for neutron shielding applications.

Keywords: B<sub>4</sub>C, Al 6082, NGCal, Neutron Shielding

### 1. INTRODUCTION

Thermal neutrons are low-energy neutrons with an average kinetic energy close to the ambient temperature. With an energy of approximately 0.025 eV, these neutrons play a crucial role in nuclear reactors, nuclear physics experiments, and various technological applications. Thermal neutrons interact readily with atomic nuclei, making them essential for controlled chain reactions in nuclear reactors. However, their interaction with materials can also lead to structural damage or initiate fission reactions.

Due to their low energy, thermal neutrons require specialized shielding materials that have high neutron absorption cross-sections. Low-density materials with high stopping power and large cross-sections per unit mass are particularly effective for thermal neutron shielding [1-5]. Boron carbide (B<sub>4</sub>C) is widely used in neutron shielding applications due to its exceptional chemical stability, high hardness, and superior neutron absorption properties. B<sub>4</sub>C has a thermal neutron absorption cross-section of 760 barns (1 barn = 10<sup>-28</sup> cm<sup>2</sup>), making it a prime candidate for shielding applications in the nuclear industry [6-8].

Previous studies by Gaylan et al. [9], Yang et al. [10], Azeez et al. [11], Gencel et al. [12], and Malkapur et al. [13] have extensively explored materials for neutron shielding. This study

builds upon this research by investigating Al 6082-based composites reinforced with B<sub>4</sub>C as an alternative shielding material.

## 2. MATERIALS AND RADIATION PARAMETER

The chemical composition of the analyzed samples is shown in Table 1. The NGCal program [14] was utilized to evaluate the shielding properties of the materials against thermal neutrons at 25.4 meV. NGCal is an advanced online software capable of analyzing the radiation shielding characteristics of various compounds, elements, and composite materials under neutron and photon irradiation.

**Table 1:** Chemical contents and density values

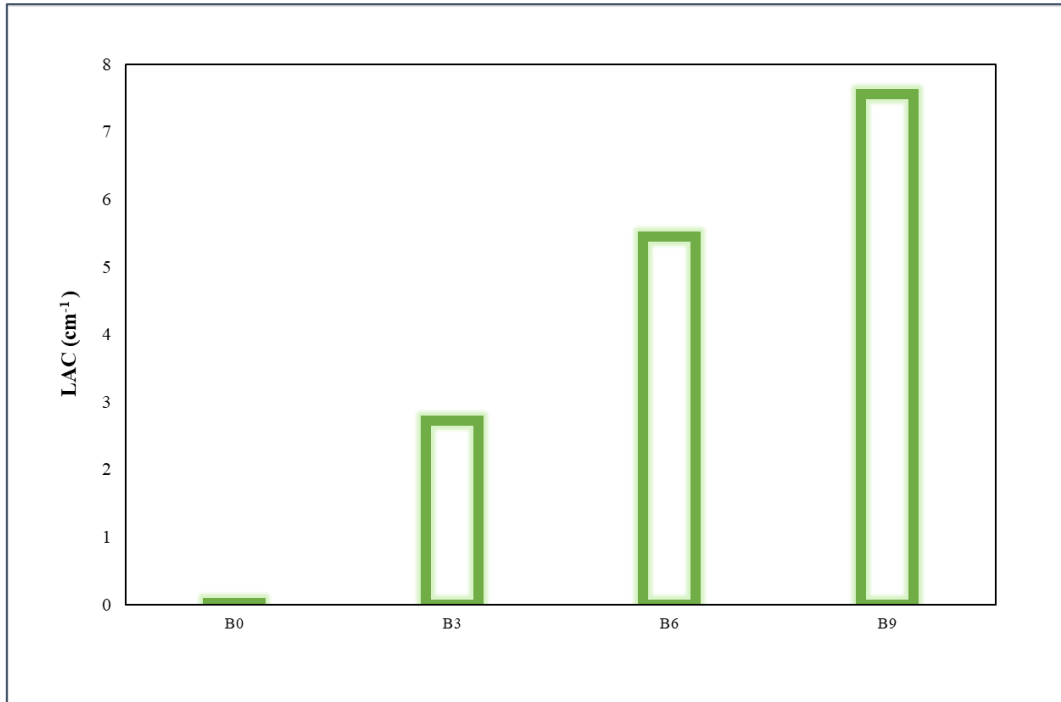
Sample Code	Chemical Content	
	B <sub>4</sub> C	Al 6082
<b>B0</b>	0%	100 %
<b>B3</b>	3 %	97%
<b>B6</b>	6 %	94%
<b>B9</b>	9 %	91%

**Table 2:** Parameters related to radiation permeability

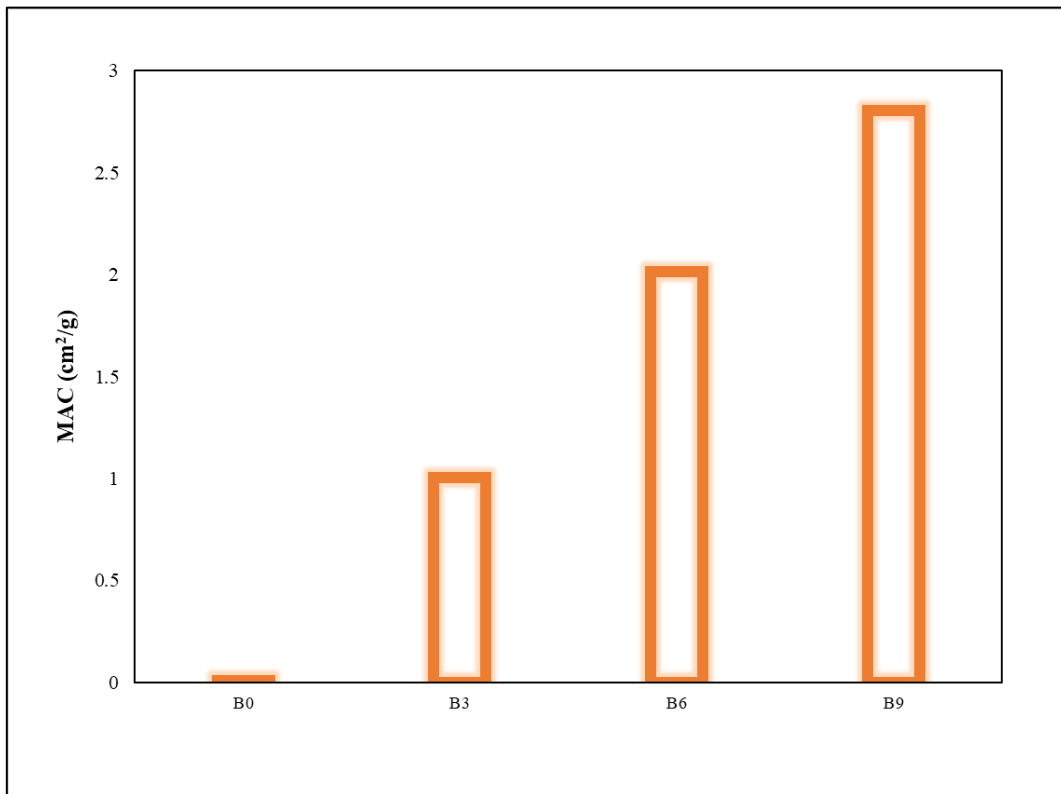
Parameters	Formula	Explanation	Ref.
Linear attenuation coefficient (LAC)	$I = I_0 e^{-\mu x}$	It is a parameter that determines how much a material attenuates radiation. In the formula: I: Intensity of radiation after passing through the material I <sub>0</sub> : Initial radiation intensity μ: Linear attenuation coefficient (cm <sup>-1</sup> ) x: Thick of the material	[1]
Mass attenuation coefficient (MAC)	$\mu_m = \frac{\mu}{\rho}$	The expression ρ represents the density value.	[8]

## 3. RESULTS

Figures 1 and 2 show the LAC and MAC values for the analyzed samples, respectively. As seen in Figure 1, Al 6082 exhibits negligible shielding against thermal neutrons, with a LAC value of approximately 0.02 cm. However, the addition of just 3% B<sub>4</sub>C increases the LAC value more than 100 times. Although the rate of increase in LAC diminishes with higher reinforcement ratios, the shielding efficiency continues to improve with increasing B<sub>4</sub>C content. Similarly, as shown in Figure 2, the MAC values increase proportionally with the B<sub>4</sub>C content. The addition of 3% B<sub>4</sub>C results in a nearly 160-times increase in MAC, demonstrating the material's enhanced capability to attenuate thermal neutrons.



**Figure 1:** LAC values of materials



**Figure 2:** MAC values of materials

#### 4.CONCLUSIONS

This study examined the thermal neutron shielding performance of Al 6082 and its B<sub>4</sub>C-reinforced composites using the NGCal simulation program. Given the critical role of thermal

neutrons in nuclear applications, the development of effective shielding materials is of paramount importance. The results indicate that the addition of B<sub>4</sub>C significantly enhances the neutron shielding properties of Al 6082. Even at a 3% reinforcement ratio, a substantial increase in both LAC and MAC values was observed. While the rate of improvement decreases at higher B<sub>4</sub>C addition, the shielding effectiveness continues to rise.

These findings suggest that Al 6082-B<sub>4</sub>C composites hold significant promise as lightweight, effective alternatives to conventional neutron shielding materials. Future research should explore the mechanical and thermal stability of these composites in real-world applications to further validate their suitability for use in nuclear reactors and radiation shielding systems.

### Acknowledgements

The authors would like to express their sincere gratitude to Gazi University Scientific Research Projects Office for their support with Project numbers: FUI-2023-8680 and FKA-2023-8617.

### REFERENCES

- [1] Mutuwong, C., Bootjomchai, C., Chaiphaksa, W., Cheewasukhanont, W., Sommat, V., Kaewjaeng, S., Ornkhetphon, O., Intachai, N., Kothan, S., Kim, H.J., Kaewkhao, J., (2024). *Photon and thermal neutron shielding behaviors of aluminum calcium fluoroborate glass modified with barium oxide: FLUKA Monte Carlo, XCOM and experimental investigations*. *Annals of Nuclear Energy* 210 (2025) 110863
- [2] Kim, D., Song, H., Yu, J., Sim, S., Jeon, D., Eun Oh, J. (2024). *Development of lightweight and low-crystalline artificial aggregate using cementless fly ash binder for thermal neutron shielding concrete manufacture*. *Cement and Concrete Composites* 152 (2024) 105674
- [3] Rinard, P. (1991). *Neutron interactions with matter*. Passive nondestructive assay of nuclear materials, (375-377).
- [4] Lee, J.C., Jang, B.K., Shon, C.S., Kim, J.H., Chung, C.W., (2019). *Potential use of borosilicate glass to make neutron shielding mortar: Enhancement of thermal neutron shielding and strength development and mitigation of alkali-silica reaction*. *Journal of Cleaner Production* 210 (2019) 638-645
- [5] Gaylan, Y., (2024). *Investigation of W, Pb, and Bi elements from neutron shielding point of view*. *Journal of New Results in Science* 13 (3) (2024) 214-220
- [6] Parka, J.J., Honga, S.M., Lee, M.K., Rhee, C.K., Rhee, W.H., (2015). *Enhancement in the microstructure and neutron shielding efficiency of sandwich type of 6061Al-B<sub>4</sub>C*

- composite material via hot isostatic pressing*. Nuclear Engineering and Design 282 (2015) 1–7
- [7] Soltani, Z., Beigzadeh, B., Ziaie, F., Asadi, E. (2016). *Effect of particle size and percentages of Boron carbide on the thermal neutron radiation shielding properties of HDPE/B4C composite: Experimental and simulation studies*. Radiation Physics and Chemistry 127 (2016) 182–187
- [8] Yan, H., Yang, L., Zhou, S., Cao, Y. (2025). *Study on the mechanical properties and gamma/neutron radiation shielding performance of SnBi/B4C composite materials*. Journal of Alloys and Compounds 1010 (2025) 177430
- [9] Gaylan, Y., Avar, B. (2024). *Al–B4C-(Gd, Gd2O3) composite materials: Synthesis and characterization for neutron shielding applications*. Nuclear Engineering and Technology 56 (2024) 5201–5211
- [10] Yang, G., Shi, R., Yang, J., Tuo, X. (2024). *Optimization and shielding design of a thermal neutron device based on D-D neutron generator with Geant4 toolkit*. Applied Radiation and Isotopes 212 (2024) 111483
- [11] Azeez, M.O., Ahmad, S., Al-Dulaijan, S.U., Maslehuddin, M., Naqvi, A.A. (2019). *Radiation shielding performance of heavy-weight concrete mixtures*. Construction and Building Materials 224 (2019) 284–291
- [12] Gencil, O., Bozkurt, A., Kam, E., Korkut, T. (2011). *Determination and calculation of gamma and neutron shielding characteristics of concretes containing different hematite proportions*. Annals of Nuclear Energy 38 (2011) 2719–2723
- [13] Malkapur, S.M., Divakar, L., Narasimhan, M.C., Karkera, N.B., Goverdhan, P., Sathian, V., Prasad, N.K. (2017). *Fresh and hardened properties of polymer incorporated self compacting concrete mixes for neutron radiation shielding*. Construction and Building Materials 157 (2017) 917–929
- [14] Gökçe, H.S., Güngör, O., Yılmaz, H. (2021). *An online software to simulate the shielding properties of materials for neutrons and photons: NGCal*. Radiation Physics and Chemistry 185 (2021) 109519

## NEXT-GENERATION RADIATION SHIELDING: EVALUATING LEAD ALTERNATIVES FOR ENHANCED PROTECTION

Lect. Seda GÜRGEN AVŞAR  
Gazi University, [sedagurgenavsar@gaziedu.tr](mailto:sedagurgenavsar@gaziedu.tr) - 0009-0008-9991-7236  
Lect. Zübeyde ÖZKAN  
Gazi University, [zubeydeozkan@gazi.edu.tr](mailto:zubeydeozkan@gazi.edu.tr) - 0000-0003-2901-7749  
Prof. Dr. Uğur GÖKMEN  
Gazi University, [ugurgokmen@gazi.edu.tr](mailto:ugurgokmen@gazi.edu.tr) - 0000-0002-6903-0297  
Prof. Dr. Sema BİLGE OCAK  
Gazi University, [sbocak@gazi.edu.tr](mailto:sbocak@gazi.edu.tr) - 0000-0002-0590-7555

### ABSTRACT

Ionizing radiation poses significant health risks, ranging from mild effects such as dizziness, nausea, and skin irritation to severe consequences including cancer, infertility, and DNA damage. Therefore, effective shielding materials are essential to minimize exposure and ensure safety in various applications. While lead (Pb) is commonly used due to its high density and superior shielding properties, its toxicity and weight drive the search for alternative materials with improved characteristics.

This study investigates the shielding performance of Al 7050, Steel Stainless 17-7PH, and Pb against gamma radiation emitted from  $^{60}\text{Co}$  and  $^{137}\text{Cs}$  sources. Using the MRADSIM simulation program, the energy deposition characteristics of these materials were analyzed as a function of photon energy. The results indicate that at 0.6617 MeV, the energy deposition follows the order: Pb > Steel Stainless 17-7PH > Al 7050. These findings provide valuable insights into the potential of alternative materials for radiation shielding, offering a balance between protection, structural integrity, and environmental safety.

**Keywords:** Al 7050, Steel Stainless 17-7PH, gamma shielding, MRADSIM

### 1. INTRODUCTION

Ionizing radiation, widely utilized across various fields such as medicine, industry, agriculture, space exploration, nuclear power, and scientific research, possesses sufficient energy to ionize atoms by ejecting electrons. This ionization process can significantly alter the electronic and chemical structures of materials, potentially compromising their mechanical, electrical, and structural integrity. In metals, radiation-induced defects in the crystalline lattice may lead to embrittlement, posing serious risks in high-radiation environments such as nuclear reactors, where material degradation can result in mechanical failure under stress. Similarly, electronic components and semiconductor devices are highly susceptible to radiation-induced errors, especially in space missions and high-energy applications, where the miniaturization of electronics exacerbates vulnerability to radiation damage. Given these challenges, effective radiation shielding is critical to protecting both living organisms and electronic systems from the adverse effects of ionizing radiation. Shielding materials must be carefully selected based on their composition, density, and atomic number to attenuate various forms of radiation, such

as gamma rays and X-rays. Traditionally, lead has been one of the most commonly used materials for gamma shielding due to its high atomic number and density. However, its toxicity and environmental concerns have prompted research into alternative materials with comparable or superior shielding properties.

Recent advancements in radiation transport simulation tools, such as MRADSIM®, have revolutionized the study of radiation interactions with materials. These computational tools provide accurate predictions of radiation effects, optimizing shielding designs while reducing the need for costly and time-consuming physical experiments. MRADSIM® enables precise modeling of radiation interactions with electronic, biological, and structural materials, making it an invaluable tool in both space and terrestrial applications.

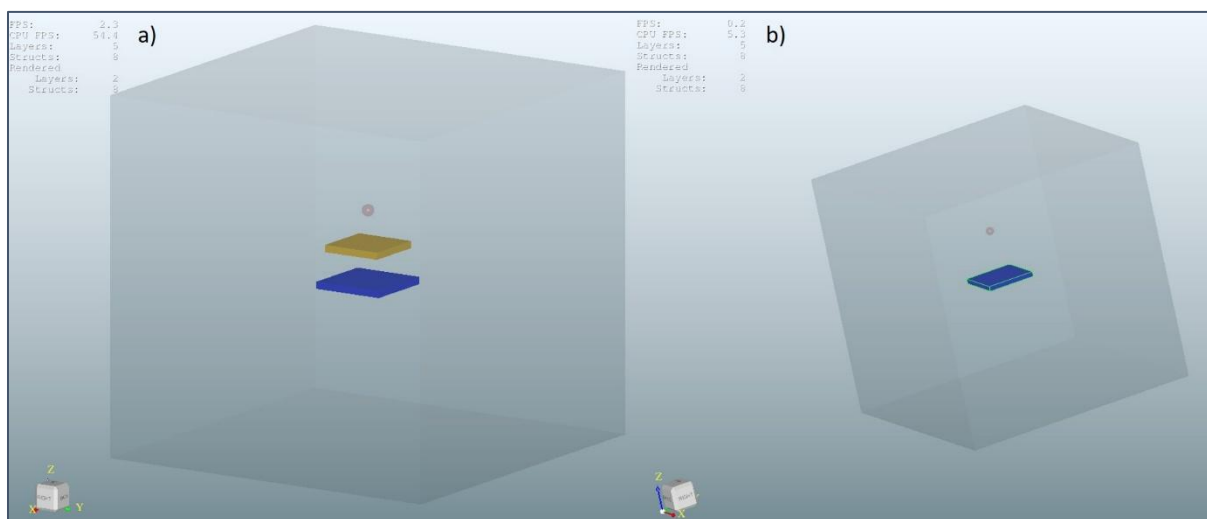
This study aims to evaluate the shielding effectiveness of various materials using MRADSIM®. Specifically, aluminum alloy Al 7050, stainless steel 17-7 PH, and lead (Pb) were analyzed to better understand their interaction mechanisms with gamma radiation. The energy deposition parameter, which reflects the gamma absorption properties of materials, was determined using <sup>60</sup>Co and <sup>137</sup>Cs gamma sources with photon energies of 0.6617 MeV and 1.173 MeV, respectively. By assessing this parameter, we can evaluate the ability of these materials to attenuate gamma radiation and understand their potential applications in radiation shielding technologies.

## 2. GAMMA ANALYSIS

The MRADSIM program is a software that simulates the interaction of matter with radiation. It is a program that allows radiation to be shaped according to the environment in which it is released and the working conditions. In this way, it can be used to protect against the effects of radiation in many sectors where radiation is used. Some parameters that can be obtained in the MRADSIM program are given in Table 1 [11]. The Figure 1a-b given in the picture represent the system in the shielding process designed in the MRADSIM® simulation. While PMMA acts as the substrate to be protected from radiation, the dimensions of PMMA are 60x60x6 mm. The dimensions of the shielding materials designed to protect PMMA are 50x50x6 mm. The point source used in this analysis performed in the MRADSIM® simulation is 30 mm above the shielding material. Similarly, the distance between the PMMA material and the shielding material is 30 mm.

**Table 1:** Some parameters obtained from the MRADSIM program

Parameters
Monte Carlo (Geant4) based particle Generation, transport
User-definable simulation parameters
Set of example geometries and relative analysis
Path Length Analysis
Dose Calculation
3D dose depth plots
Total Energy Deposition
3D Data Mapping



**Figure 1:** Analysis image of shielding materials

Table 2 provides information on the materials analyzed in the MRADSIM (Matter-RADIation interaction SIMulations) program. The 3 analyzed materials were analyzed in the <sup>60</sup>Co and <sup>137</sup>Cs sources at 0.6617 MeV and 1.173 MeV gamma energies, respectively. The materials in the program data were prepared by the program authors using various standards, as shown in Table 2.

**Table 2:** Information about the materials

Materials	Chemical	Mass (kg)	Density (g/cm <sup>3</sup> )	Specification
<b>Al 7050</b>	0.89Al+ 0.0023Cu+ 0.0023Mg+ 0.062Zn+ 0.0012Zr	0.17025	2.7	AMS 4050, AMS 4342, AMS 4201
<b>Steel Satinless 17-7PH</b>	0.00999Al+ 0.00049999+ 0.16999Cr+ 0.16999Fe + 0.004999 Mn+ 0.06999Ni+ 0.00019998P+ 0.00499Si+ 0.0001499S	0.117	7.8	AMS 5644, AMS 5528, MIL-S-25043
<b>Pb</b>	1Pb	0.0405	11.35	-
<b>PMMA</b>	(C <sub>5</sub> O <sub>2</sub> H <sub>8</sub> )n	0.025704	1.19	-

### 3. RESULTS

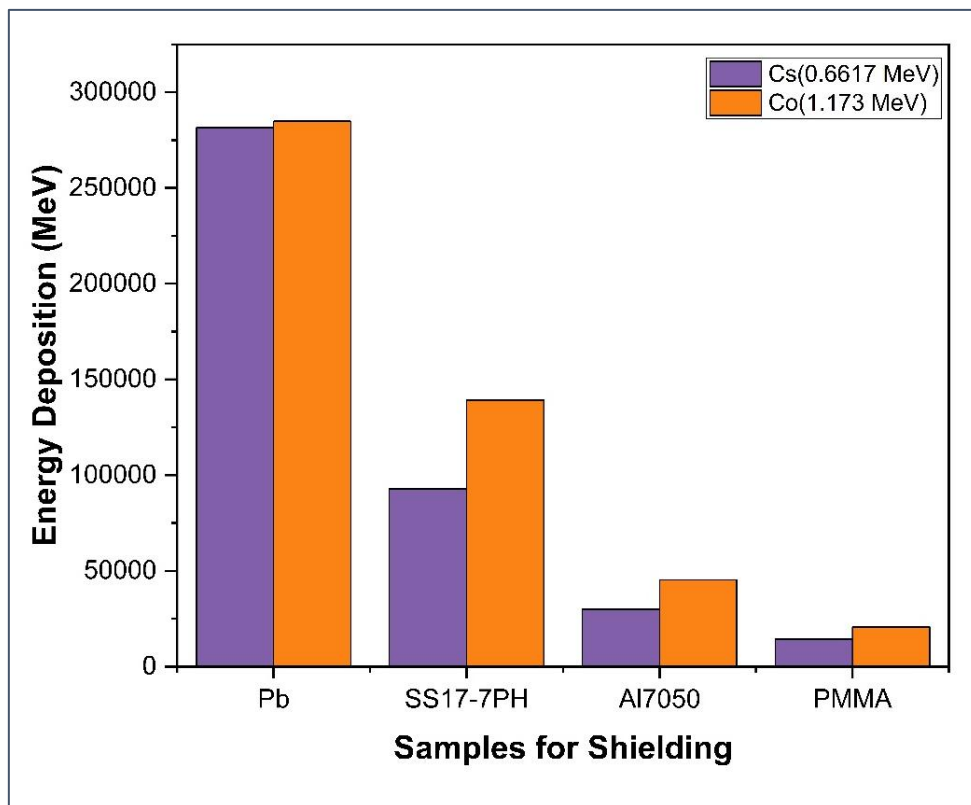
The results of analyses conducted at different gamma energy levels are presented in Figure 2. As is well known, lead has been the most widely used shielding material throughout history. In this study, tests were performed to evaluate the effects of gamma radiation on materials at two specific energy levels: 1.173 MeV, one of the characteristic gamma emissions of <sup>60</sup>Co, and 0.6617 MeV, a gamma energy level of <sup>137</sup>Cs. The graph in Figure 2 indicates that greater energy is stored in the shielding materials at the <sup>137</sup>Cs energy level. This variation in energy storage is likely due to differences in material densities, as the amount of stored energy appears to be directly proportional to the density of the shielding materials.

In this analysis, PMMA, shown as the substrate in Figure 1a, was selected as a radiation detector to measure energy storage without any shielding material. PMMA1 represents the substrate for lead, PMMA2 corresponds to stainless steel, and PMMA3 is associated with the aluminum alloy substrate. The fourth test, labeled as "PMMA alone," corresponds to the configuration in Figure 1b, where no shielding material was used. The primary aim of this setup was to assess

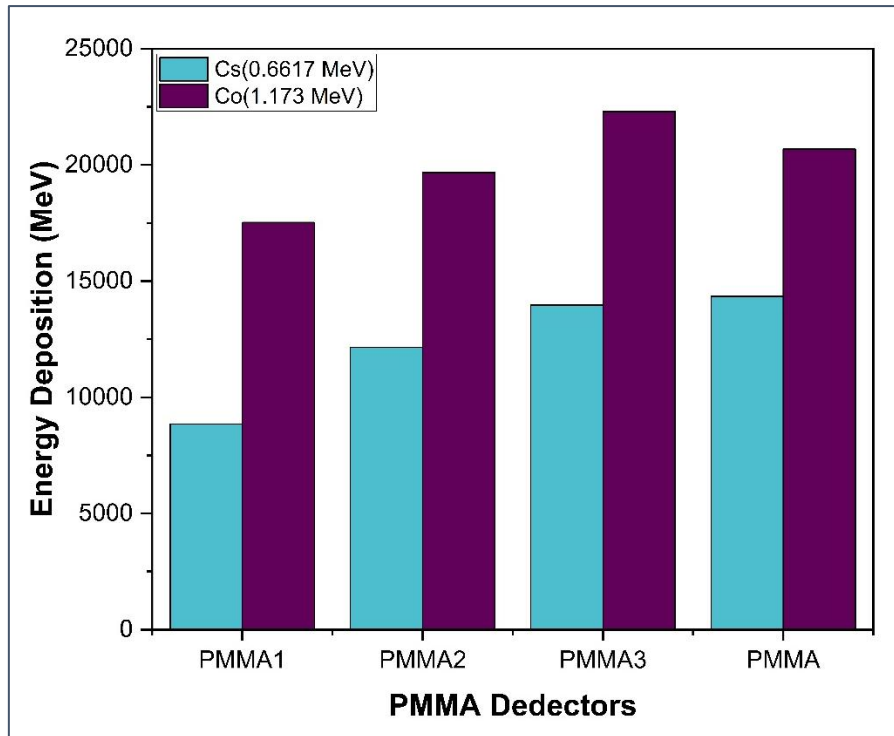


the effectiveness of different shielding materials. As expected, PMMA1, PMMA2, and PMMA3 exhibited values inversely proportional to the shielding materials in Figure 2. However, contrary to initial expectations, the PMMA sample without any shielding material did not yield higher values compared to the other three PMMA configurations when exposed to gamma radiation. This unexpected result is believed to stem from secondary electron production mechanisms such as Compton scattering, photoelectric absorption, and pair production.

The attenuation coefficient, which quantifies the rate at which radiation intensity decreases as it passes through a material, depends on several factors: the radiation energy, the atomic number and density of the material, and the shielding geometry. The selection of an optimal shielding material is guided by the dominant interaction mechanisms within the specific energy range of the radiation [12]. Effective shielding often involves combining materials optimized for different energy levels. For instance, lead is highly effective against low-energy gamma radiation, whereas tungsten or concrete may be more suitable for higher-energy radiation, depending on the application. A comprehensive understanding of these interaction mechanisms is essential for designing efficient radiation shielding systems.



**Figure 2:** Energy deposited in shielding materials



**Figure 3:** Energy deposited in the PMMA detectors via different shielding materials

#### 4. CONCLUSION

In this study, gamma radiation analyses of Al 7050, Stainless Steel 17-7PH, and Pb were performed using the MRADSIM program to evaluate their shielding properties. The results indicate that Pb exhibits the highest energy deposition at 1.173 MeV, confirming its effectiveness as a shielding material. However, alternative materials, such as Stainless Steel 17-7PH and Al 7050, can also be optimized for radiation shielding by increasing their thickness. This approach presents an opportunity to develop non-toxic shielding materials as viable substitutes for lead. Given the environmental and health concerns associated with Pb, this research provides valuable insight into alternative materials that could be tailored for specific shielding applications. Future studies should further explore material modifications and composite structures to enhance shielding performance while maintaining practicality in industrial and scientific applications.

#### Acknowledgements

The authors would like to express their sincere gratitude to Gazi University Scientific Research Projects Office for their support with Project numbers: FUI-2023-8680 and FKA-2023-8617.

#### REFERENCES

- [1] Karabacak, G., Özkan, Z., Gürgen Avşar, S., Bilge Ocak, S., Gökmen, U., (2024). *Development of ceramic particle-reinforced AZ91 composites for enhanced X-ray shielding performance*. *Ceramics International*, vol.1, no.1, 1.

- [2] Gökmen, U., (2022). *Gamma and neutron shielding properties of B4C particle reinforced Inconel 718 composites*. Nuclear Engineering and Technology, vol.54, no.3, 1049-1061.
- [3] Gökmen, U., Golzari, L. E. J., Avşar, S. G., Özkan, Z., Ocak, S. B., (2023). *Microstructural and Radioactive Shielding Analyses of Alumix-231 and Alumix-231 Reinforced with B4C/SiC/Al2O3 Particles Produced through Hot Pressing*. Acs Omega, vol.8, no.39, 35755-35767.
- [4] Yan, H., Yang, L., Zhou, S., Cao, Y. (2025). *Study on the mechanical properties and gamma/neutron radiation shielding performance of SnBi/B4C composite materials*. Journal of Alloys and Compounds 1010 (2025) 177430
- [5] Slimani, Y., Mhareb, M.H.A., Hamad, M. Kh., Alrammah, I., Thakur, A., (2024). *Preparation, characterization, and study of radiation shielding performance of YBa2Cu3Oy/WO3 ceramics exposed to different gamma rays doses*. Journal of the Indian Chemical Society 101 (2024) 101479.
- [6] Alsaiani, N.S., Alsufyani, S.J., Alrowaili, Z.A., Eke, C., Sriwunkum, C., Al-Buriahi, M.S., (2025). *Radiation attenuation, dose rate and buildup factors of gallium silicate glass system for nuclear shielding applications*. Radiation Physics and Chemistry 229 (2025) 112500.
- [7] H. K, K. R, M. L and O. T. *Radiation effects in materials*. (2023). Journal of Applied Physics 134 (2023) 030401.
- [8] M.T. Alabsy and M.A. Elzaher, (2023). *Radiation shielding performance of metal oxides/epdm rubber composites using geant4 simulation and computational study*. Scientific Reports 13 (2023) 7744.
- [9] A. Hendi and M. Ahmed. (2020). *Gamma radiation shielding study of tellurite glasses V2O5 and Bi2O3 using geant4 code*. Ceramics International 46 (2020).
- [10] G. Santin, P. Nieminen, H. Evans, E. Daly, F. Lei, P. Truscott (2003). *New geant4 based simulation tools for space radiation shielding and effects analysis*. Nuclear Physics B - Proceedings Supplements 125 (2003) 69.
- [11] Hüseyinoğlu E. (2024). *MRADSIM™- Space Manual v0.2*. May 3rd, 2024
- [12] D.R. McAlister. *Gamma ray attenuation properties of common shielding materials*. (2018). Tech. Rep. Revision 6.1, PG235 Research Foundation, Inc. (June, 2018).

## İHA TASARIM SÜRECİNDE KALİTE FONKSİYON GÖÇERİMİ KULLANIMI VE SÜREÇ GELİŞTİRME

NAZLI AVANS

Karabük Üniversitesi, nazliavans09@gmail.com - <sup>1</sup><https://orcid.org/0009-0001-1386-4532>

**Dr. Öğr. Üyesi MUHARREM ÜNVER**

Karabük Üniversitesi, muharremunver@karabuk.edu.tr-

<sup>2</sup><https://orcid.org/0000-0001-7587-6849>

### ÖZET

İnsansız hava araçları (İHA), günümüzde hem askeri hem de sivil alanlarda geniş kullanım alanına sahip, uzaktan kumandalı veya otonom olarak görev yapabilen hava araçlarıdır. Bölgesel denetim, lojistik, tarım, güvenlik ve keşif gibi birçok farklı sektörde etkin şekilde kullanılan İHA'lar, gelişmiş teknolojik sistemler içermeleri nedeniyle üretim sürecinde yüksek maliyet ve karmaşıklık barındırmaktadır. Ancak, üretim kadar tasarım süreci de büyük bir zaman ve emek gerektirmektedir. Tasarım sürecindeki uzunluk, üretim süreçlerini doğrudan etkileyerek maliyetleri artırmaktadır. Bu çalışmada, İHA tasarım sürecinin optimizasyonu ve sürenin minimize edilmesi hedeflenmiştir. Özellikle bölgesel denetim amaçlı İHA'ların tasarım süreçlerini daha verimli hale getirmek amacıyla Kalite Fonksiyon Göçerimi (KFG) yöntemi kullanılmıştır. KFG, tasarım sürecinde belirlenen kriterlerin önem derecelerini analiz ederek hangi faktörlere daha fazla odaklanılması gerektiğini ortaya koymaktadır. Böylece, tasarım sürecinin hızlandırılması ve üretim maliyetlerinin düşürülmesi sağlanmaktadır. Çalışma kapsamında, KFG ile birlikte Kalite Evi ve AHS yöntemi de entegre edilerek kapsamlı bir analiz gerçekleştirilmiştir. Çalışmanın özgün yönü, İHA tasarım süreçlerinde KFG, Kalite Evi ve AHS yöntemlerinin birlikte ele alınarak çözüm üretilmesidir. Literatürde bu kapsamda bir çalışmaya rastlanmaması, araştırmanın öncü niteliğini ortaya koymaktadır. Elde edilen bulguların, İHA tasarım ve üretim süreçlerini hızlandırarak ülke ekonomisine katkı sağlaması beklenmektedir.

**Anahtar Kelimeler:** AHS Yöntemi, Kalite Fonksiyon Göçerimi, Tasarım Optimizasyonu, İnsansız Hava Aracı

## 1. GİRİŞ

İnsansız hava araçları (İHA), adından da anlaşılacağı üzere insan içermeyen ve geniş bir kullanım alanına sahip olan hava araçlarıdır. Tarihsel olarak askeri amaçlarla geliştirilen ve savaş aracı olarak kullanılan İHA'lar [1] zamanla teknolojik gelişmelerin etkisiyle farklı sektörlerde de yer almaya başlamıştır. Günümüzde havacılık sektöründeki ilerlemeler doğrultusunda İHA tasarım ve üretim süreçleri de gelişmeye devam etmektedir.

İHA'ların yaygın kullanımı, günlük hayatı kolaylaştırmakla kalmayıp aynı zamanda ülke ekonomisi ve savunma sanayii açısından da büyük bir önem taşımaktadır. Özellikle yerli üretim, dışa bağımlılığı azaltarak maliyetleri düşürmekte ve ülke kalkınmasına katkı sağlamaktadır. İthal edilen İHA'lar, yüksek maliyetlerinin yanı sıra üretici ülkelerin koyduğu çeşitli kısıtlamalar nedeniyle stratejik riskler de barındırmaktadır. Bu durum, yerli üretimin teşvik edilmesini ve İHA geliştirme süreçlerine daha fazla önem verilmesini zorunlu kılmaktadır. İHA üretim sürecinde, maliyet optimizasyonu büyük bir öneme sahiptir. Üretim aşamasına gelmeden önce, AR-GE süreçlerinde gerçekleştirilen mühendislik hesaplamaları, modelleme çalışmaları ve simülasyonlar önemli mali yükler oluşturur. [2] Bu aşamaların etkin bir şekilde yönetilmesi hem tasarım sürecinin iyileştirilmesini hem de üretim maliyetlerinin düşürülmesini sağlamaktadır.

Tasarım süreci, üretim kadar zaman alıcı ve maliyetli bir aşamadır. Sürecin uzunluğu, üretim sürecine geçişi geciktirerek ek maliyetlere sebep olmaktadır. Bu nedenle, tasarım aşamasındaki gereksiz faaliyetlerin ortadan kaldırılması ve sürecin daha verimli hale getirilmesi gerekmektedir. Bu çalışmada, Kalite Fonksiyon Göçerimi (KFG) yöntemi kullanılarak tasarım sürecinin optimizasyonu ele alınmaktadır. KFG sayesinde, tasarım sürecinde kritik öneme sahip unsurlar belirlenerek iş akışının verimli hale getirilmesi hedeflenmektedir. Böylece, üretime geçiş süresinin minimize edilmesi ve kaliteli İHA üretimi için gerekli koşulların sağlanması amaçlanmaktadır. Araştırma kapsamında, teknik gereksinimler analiz edilerek Analitik Hiyerarşi Süreci (AHS) yöntemi yardımıyla bu gereksinimlerin öncelik dereceleri belirlenmiş ve Kalite Evi modeli oluşturulmuştur. Çalışmanın temel amacı, tasarım ve üretim sürecindeki performans kriterlerini değerlendirerek AHS yöntemi ile önem derecelerini belirlemek ve elde edilen bulguları yorumlamaktır. Sonuç olarak, teknik gereksinimlerin önem düzeyleri doğrultusunda tasarım ve üretim aşamalarına ne kadar ağırlık verilmesi gerektiği ortaya konmaktadır.

## 2. UYGULAMALAR

Bu çalışmada, bölgesel denetim amaçlı kullanılan bir İHA modeli ele alınmış, İHA tasarım sürecini iyileştirmek için KFG ve AHS yöntemleri uygulanmıştır.

### 2.1. Materyal ve Metot

Bölgesel denetim amaçlı kullanılan bir İHA modelinin teknik kriterler belirlenmiş; bu kriterler AHS yöntemiyle önceliklendirilmiştir. Sonrasında KFG yöntemiyle Kalite Evi oluşturulmuştur.

Kalite Evi, tasarım ve üretim sürecini yönlendirmek için performans kriterlerini ürün teknik özelliklerine dönüştüren bir araçtır. Bu süreçte, ürün tasarımındaki hangi özelliklerin geliştirilmesi gerektiği belirlenebilir. Ayrıca, Kalite Evi aracılığıyla, ürünler rakipleriyle karşılaştırılarak müşteri algıları değerlendirilir.[3]

Kalite Evi'nin oluşturulmasında ilk adım, İHA tasarım ve üretim sürecinde dikkate alınması gereken teknik kriterlerin tespit edilmesidir. Teknik kriterler olarak uçuş süresi, maksimum hız ve batarya tüketimi değerlendirilmiştir. Bu kriterler önem derecelerine göre sıralanmış ve kriterler AHS yöntemiyle önceliklendirilmiştir. Daha sonrasında her bir kriter için teknik gereksinimler belirlenmiştir. Son olarak, ilişki matrisi oluşturulmuş ve Kalite Evi tamamlanmıştır.[4]

### 2.2. AHS Yönteminin Uygulanması

AHS (Analitik Hiyerarşi Süreci), birden fazla kriterin göz önünde bulundurulması gerektiği karar süreçlerinde, alternatiflerin sıralanması ve seçiminde etkili bir yöntem olarak kullanılır. Yeni ürün ve hizmetlerin geliştirilmesinde, müşteri ihtiyaçları çok kriterli bir karar verme perspektifiyle ele alınarak, karşılaşılabilecek potansiyel risklerin azaltılmasına yardımcı olabilir. [5]

AHS yöntemi ile tasarım/üretim performans kriterleri (havada kalma süresi, maksimum uçuş hızı, batarya tüketimi) arasındaki karşılaştırmalar yapılmıştır. Hangi kriterin tasarım sürecinde daha fazla önem taşımakta olduğu netleştirilmiştir.

Çizelge 1'de AHS yönteminin uygulanması ile tasarım ve üretim performans kriterlerinin önem dereceleri belirlenmiş olup, bu dereceler ilgili sütunda AHS değerleri olarak gösterilmiştir.

**Çizelge 1. AHS Özvektör Matrisi.**

Tasarım ve Üretim Performans Kriterleri	Havada Kalma Süresi	Maksimum Uçuş Hızı	Batarya Tüketim Miktarı	Satır Toplamı	Yüzde Önem Derecesi
Havada Kalma Süresi	0,44	0,50	0,43	1,37	0,46
Maksimum Uçuş Hızı	0,11	0,13	0,14	0,38	0,13
Batarya Tüketim Miktarı	0,44	0,37	0,43	1,24	0,41
<b>TOPLAM</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>3</b>	<b>1</b>

**Çizelge 2. Tasarım ve Üretim Performans Kriterleri Önem Dereceleri.**

Tasarım ve Üretim Performans Kriterleri	Önem Derecesi
Havada Kalma Süresi	0,46
Maksimum Uçuş Hızı	0,13
Batarya Tüketim Miktarı	0,41

Çizelge 2'de yer alan verilere göre, İHA'nın havada kalma süresi %46'lık bir ağırlıkla tasarım ve üretim performans kriterleri arasında en yüksek öneme sahip kriter olarak öne çıkmaktadır. Bu önem dereceleri belirlendikten sonra, Kalite Evi'nin kurulumu sürecine geçilebilir.

### 2.3. Kalite Evi Oluşturulması

#### 2.3.1. Planlama Matrisinin Oluşturulması

Çizelge 3'te bulunan planlama matrisi, Kalite Evi'nin müşteri rekabet değerlendirmesini göstermektedir. [6]

**Çizelge 3. Planlama Matrisi.**

Tasarım ve Üretim Performans Kriterleri	Önem derecesi	Mamul Bugün	Rakip Mamulü	Firma Hedefi	İlerleme Oranı	Satış Noktası Puanı	Önem Puanı	Yüzde Önem
Havada Kalma Süresi	0,46	4	3	4	1	1,5	0,86/1,7 3=0,50	50
Maksimum Uçuş Hızı	0,13	5	4	5	1	1,0	0,10/1,7 3=0,06	6
Batarya Tüketim Miktarı	0,41	4	5	5	1,25	1,5	0,77/1,7 3=0,44	44
<b>Toplam</b>							<b>1,73</b>	<b>%100</b>

Planlama matrisinde yer alan veriler, firmanın ürünü ile rakiplerin ürünlerinin müşteri algılamaları doğrultusunda yapılan karşılaştırmalar sonucunda elde edilmiştir. Bu değerler öznel değerlendirmelerdir ve tasarım ile üretim performansı kriterlerine daha fazla önem verilmesini sağlamak amacıyla belirlenmiştir.

### 2.3.2. İlişki Düzeylerinin Belirlenmesi

**Çizelge 4. İlişki Derecesi Sembol ve Puanları.**

İlişki Derecesi	Sembol	Puan
Zayıf İlişki	Δ	1
Orta İlişki	●	3
Güçlü İlişki	○	9

**Çizelge 5. Teknik Karakteristikler.**

Tasarım ve Üretim Performans Kriterleri	Önem Derecesi	Yüzde Önem Derecesi	Kanat Açıklığı	Uçak Boyu	Ağırlık	Pervanenin İtki Kuvveti
Havada Kalma Süresi	0,46	50	○	Δ	○	○
Maksimum Uçuş Hızı	0,13	6	○	Δ	Δ	●
Batarya Tüketim Miktarı	0,41	44	○	○	○	○



Tasarım ve üretim performans kriterlerini karşılayacak teknik gereksinimler belirlendikten sonra, bu gereksinimlerin tasarım ve üretim performans kriterleriyle nasıl ilişkilendiği incelenir. Bu aşamada amaç, her bir teknik gereksinimin, tasarım ve üretim performans kriterleri üzerindeki etkisini belirlemektir.

Kalite Evi oluşturulurken, ilişki düzeyleri belirli sembollerle ifade edilir. Bu semboller ve karşılık gelen puanlar, Çizelge 4'te yer almaktadır. [7] Çizelge 'de tüm hücreler doldurulmuştur çünkü her müşteri ihtiyacı ile teknik özellikler arasında bir ilişki vardır.

Çizelge 4'te görüldüğü gibi, teknik gereksinimler tasarım ve üretim performans kriterlerini karşılamada zayıf, orta ve güçlü seviyelerde etkili olmaktadır. Bu aşamada, tasarım ve üretim performans kriterleri ile teknik gereksinimler arasındaki ilişkiler ayrı ayrı değerlendirilecek ve ardından Çizelge 9 oluşturulmuştur. Elde edilen sonuçlar, Kalite Evi'nin alt bölümünde sunulmakta olup, hemen altında bu derecelerin normalize edilmiş değerleri yer almaktadır.

Analiz sonuçlarına göre, "Kanat Açıklığı" %30'luk önem derecesiyle teknik özellikler arasında en yüksek öneme sahip faktör olarak öne çıkmaktadır. Bunu, %29'luk önem derecesiyle "Pervanenin İtki Kuvveti" takip etmektedir. Bu doğrultuda, en kritik teknik gereksinimlerin iyileştirilmesine öncelik verilmeli, bu alanlara daha fazla kaynak tahsis edilmeli ve geliştirme sürecine ekstra çaba harcanmalıdır.

### 2.3.3. Korelasyon Matrisinin Oluşturulması (Kalite Evi Çatısının Oluşturulması)

Teknik gereksinimler, birbirleri üzerinde olumlu ya da olumsuz etkiler yaratabilir. Bu etkileşim seviyelerini analiz etmek için Kalite Evi'nin çatı matrisi oluşturulmaktadır. Söz konusu matris, teknik gereksinimler arasındaki ilişkileri değerlendirmeye yardımcı olur ve bu ilişkiler, belirli semboller kullanılarak ifade edilir. İlgili sembollerin açıklamaları Çizelge 6'da yer almaktadır.[8]

**Çizelge 6. Korelasyon Derecesi ve Sembolleri**

Korelasyon Derecesi	Sembol
Olumlu İlişki	✓
Olumsuz İlişki	×

## 3. SONUÇLAR VE DEĞERLENDİRME

Çizelge 7' de verilen Kalite Evi'nin oluşturulma süreci, çalışmamızda adım adım açıklanmıştır. Analitik Hiyerarşi Süreci (AHS) yöntemi kullanılarak teknik gereksinimlerin önem dereceleri belirlenmiş ve bölgesel denetim amaçlı İHA üretiminde en kritik performans kriteri tespit edilmiştir. Ürün, rakip ürün ve firma hedef sütunlarında yer alan değerler, Kalite Fonksiyon Göçerimi (KFG) takımı tarafından belirlenmiş olup, bu değerler firmanın hedefleri doğrultusunda değerlendirilmiştir.

Tüm bu süreçler sonucunda, bölgesel denetim amaçlı İHA'lar için en önemli tasarım gereksinimleri ortaya konulmuş ve üretim sürecinde dikkat edilmesi gereken faktörler belirlenmiştir. Daha sonra teknik gereksinimler arasındaki ilişki dereceleri analiz edilerek, her birinin önemi hesaplanmıştır. Sonuçlara göre, kanat açıklığı %30 önem derecesiyle en kritik teknik gereksinim olarak belirlenmiştir, bunu %29 önem derecesiyle pervanenin itki kuvveti takip etmektedir. Elde edilen bulgular, bölgesel denetimli İHA tasarım ve üretiminde en fazla dikkat edilmesi gereken faktörün havada kalma süresi olduğunu göstermektedir. Teknik gereksinimler arasındaki ilişkiler ve önem dereceleri dikkate alınarak, en yüksek öneme sahip gereksinimlere daha fazla kaynak ayrılmalı ve iyileştirme çalışmaları bu doğrultuda yapılmalıdır.

Çalışmamızın sonucunda, iyileştirilmesi gereken en kritik tasarım ve üretim performans kriteri, %0,46 önem derecesiyle havada kalma süresi olarak belirlenmiştir. Bu da gösteriyor ki bölgesel denetimli İHA'ların tasarım ve üretim süreçlerinde en fazla üzerinde durulması gereken faktör, İHA'ların uçuş süresidir. Bu süreyi istenilen seviyeye çıkarmak için %30 önem derecesine sahip kanat açıklığına öncelik verilmelidir. Bu doğrultuda, AHS yöntemi ve Kalite Evi analizleri kullanılarak belirlenen teknik gereksinimlerin tasarım ve üretim süreçlerinde önceliklendirilmesi ya da daha fazla kaynak ayrılması sağlanabilir. Ayrıca, korelasyon matrisi, teknik gereksinimler arasındaki ilişkileri gösteren önemli bir analiz aracıdır. Çalışmamızda, teknik gereksinimler arasındaki bağlantılar güçlü ve zayıf ilişkiler olarak ele alınmıştır. Farklı çalışmalar bu matrisi, güçlü olumlu ilişki, olumlu ilişki, olumsuz ilişki ve güçsüz olumsuz ilişki şeklinde daha ayrıntılı bir değerlendirme ile oluşturabilir. Matris içinde herhangi bir işaretin olmadığı durumlar ise, teknik gereksinimler arasında doğrudan bir ilişkinin bulunmadığını göstermektedir. Bu çalışmada 3 farklı tasarım ve üretim performans kriteri ile 4 teknik gereksinim ele alınmıştır. Daha fazla kriter ve gereksinim eklenerek yeni bir Kalite Evi modeli oluşturulabilir, böylece analiz kapsamı genişletilerek daha detaylı sonuçlar elde edilebilir.

- Güçlü İlişki
- Orta İlişki
- △ Zayıf İlişki

**Çizelge 7. Bölgesel İHA Tasarım ve Üretimi için Kalite Fv.**

Tasarım ve Üretim Performans Kriterleri	Önem Derecesi	Kanat Açıklığı	Uçak Boyu	Ağırlık	Pervanenin İtici Kuvveti	Mamul Bugün	Rakip Mamulü	Firma Hedefi	İlerleme Oranı	Satış Noktası Puanı	Önem Puanı	Yüzde Önem
Havada Kalma Süresi	0,46	○	△	○	○	4	3	5	1,25	1,5	0,50	50
Maksimum Uçuş Hızı	0,13	○	△	△	●	5	4	4	0,8	1,0	0,06	6
Batarya Tüketim Miktarı	0,41	○	●	○	○	4	5	5	1,25	1,5	0,44	44
Teknik Önem Derecesi	Σ3024	900	396	864	864					Toplam	1,73	%100
Normalize Teknik Önem Dereceleri	%100	30	13	28	29							
Ölçü Birimi		derece	m	kg	N							

#### 4. GENEL DEĞERLENDİRME VE SONUÇLAR

Günümüz işletmeleri, hızla gelişen teknolojiye ve artan müşteri beklentilerine uyum sağlamak zorundadır. Küresel pazarlardaki rekabet giderek yoğunlaşırken, işletmelerin sürdürülebilir büyüme sağlaması ve rekabet avantajı elde etmesi için yüksek performanslı, kaliteli ürünleri zamanında ve uygun maliyetlerle müşterilerine sunması gerekmektedir. Bu strateji, müşteri memnuniyetini artırmanın yanı sıra, marka sadakati oluşturarak pazardaki güçlü konumlarını korumalarına yardımcı olmaktadır. Bu nedenle, firmalar ürün tasarım ve üretim süreçlerini müşteri ihtiyaçlarını göz önünde bulundurarak yönetmeli ve kaynaklarını bu doğrultuda etkin bir şekilde kullanmalıdır.

Bu çalışmada, ürün performans kriterlerini iyileştirmeye yönelik olarak Kalite Fonksiyon Göçerimi (KFG) yöntemi kullanılmıştır. İHA tasarım ve üretim süreçlerinde müşteri taleplerinin karşılanmasını sağlayacak belirli teknik gereksinimler belirlenmiş ve bu gereksinimlerin performans kriterlerini karşılama düzeyleri analiz edilmiştir. Tasarım süreçlerini optimize etmek amacıyla Analitik Hiyerarşi Süreci (AHS) yöntemi kullanılarak teknik gereksinimlerin önem dereceleri hesaplanmıştır.

Bu çalışmanın temel amacı, tasarım ve üretim süreçlerini iyileştirerek daha verimli ve kısa sürede tamamlanmasını sağlamak olarak belirlenmiştir. Araştırma sonucunda, istenilen İHA tasarım ve üretim performans kriterlerine uygun teknik gereksinimlerin önem dereceleri belirlenmiş ve bu doğrultuda bir süreç akış şeması oluşturulacaktır. Özetle, üretim aşamasında hangi teknik kriterlere öncelik verilmesi gerektiği tespit edilerek, kritik teknik gereksinimlere daha fazla odaklanılacaktır. Bu doğrultuda, tasarım ve üretim süreçlerinde belirlenen faktörlerin dikkate alınması, optimum enerji verimliliği ve uzun uçuş süreleri sağlamak açısından kritik bir öneme sahiptir.

Bu yaklaşım sayesinde yerli ve milli kaynakların daha etkin kullanımı sağlanacak ve bölgesel denetim amaçlı İHA'ların daha kısa sürede üretilmesi mümkün olacaktır. Böylece, tasarım süreçlerinde %10 ila %20 arasında bir verimlilik artışı sağlanarak, üretim süreleri kısaltılmış ve daha hızlı bir üretim sürecine geçiş mümkün hale getirilmiştir. Projenin uygulanmasıyla, ülke ekonomisine sağlanacak katkının önemli bir kazanım yaratacağı öngörülmektedir.

#### Teşekkür

Bu çalışma TÜBİTAK 2209-A Üniversite Öğrencileri Araştırma Projeleri kapsamında 1919B012324372 başvuru numaralı proje olarak desteklenmektedir. TÜBİTAK'a desteğinden ötürü yazarlar olarak teşekkür ederiz.

## KAYNAKÇA

- [1] Batgı, S. (2019). *Bölgesel Denetim Amaçlı İnsansız Hava Aracı(İHA) Tasarımı ve İmalatı*. Yüksek Lisans Tezi Erciyes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kayseri.
- [2] Yiğit, E., Yazar, I., ve Karakoç, H., (2018). İnsansız Hava Araçları(İHA) ‘nın Kapsamlı Sınıflandırması ve Gelecek Perspektifi. *Sürdürülebilir Havacılık Araştırma Dergisi*, 3(1), 1-19.
- [3] Seyhan, H. (2005). *Kalite Fonksiyon Yayılımının İncelenmesi ve Bir Uygulama*. Yüksek Lisans Tezi, Uludağ Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bursa.
- [4] Ertuğrul, İ., Aytaç, E., (2007). Kalite Fonksiyon Göçeriminde Markov Zincirleri: Otomotiv Sektörü Örneği. *İşletme Fakültesi Dergisi*, 8(2), 181-200.
- [5] Seyhan, H. (2005). *Kalite Fonksiyon Yayılımının İncelenmesi ve Bir Uygulama*. Yüksek Lisans Tezi, Uludağ Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bursa.
- [6] Shillito, M. L. 1994. *Advanced QFD, Linking Technology to Market and Company Needs*, Wiley Inter-Science, New York, NY.
- [7] Seyhan, H. (2005). *Kalite Fonksiyon Yayılımının İncelenmesi ve Bir Uygulama*. Yüksek Lisans Tezi, Uludağ Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bursa.
- [8] Ardıç, K., Çevik, O., Göktaş, Ş., (2008), Kalite Fonksiyon Göçerimi (Gop Üniversitesinde Bir Uygulama). *Akademik İncelemeler*, 3(2), 111-119.

## NAVIER-STOKES DENKLEMLERİ KONUSUNDAKİ KAVRAMSAL ANLAMA VE ÖĞRETİM STRATEJİLERİ ÜZERİNE ÖNCÜ BİR ANALİZ

**Prof. Dr., Kaan YETİLMEZSOY**

Yıldız Teknik Üniversitesi, yetilmez@yildiz.edu.tr - <https://orcid.org/0000-0003-1478-9957>

**Lisans Öğrencisi, Ulunay ÖZARSLAN**

Yıldız Teknik Üniversitesi, ulunay.ozarslan@std.yildiz.edu.tr - <https://orcid.org/0009-0006-8424-6981>

### ÖZET

Bu öncü araştırma, 2024–2025 Güz Dönemi’nde Akışkanlar Mekaniği dersini alan Yıldız Teknik Üniversitesi İnşaat Fakültesi Çevre Mühendisliği öğrencilerinin, dersin en önde gelen konularından biri olan Navier-Stokes denklemleri gibi karmaşık kavramlara yönelik anlayış düzeylerini ve karşılaştıkları zorlukları analiz etmeyi amaçlamaktadır. Araştırma kapsamında, 127 öğrenciden oluşan bir katılımcı grubuna uygulanan anket yoluyla, öğrencilerin kavramsal anlama düzeyleri ile öğretim stratejilerine dair görüşleri sistematik bir şekilde değerlendirilmiştir. Microsoft Forms platformu üzerinden çevrimiçi olarak uygulanan kapsamlı anket, dört ana bölümden ve her bölüm de dört seçenekli (0–4 puanlı) beş kapalı uçlu ve bir açık uçlu soru içeren beş alt bölümden oluşacak şekilde tasarlanmıştır. Anketin ayrıntılı içeriği ve bölümler arası geçişlerde tüm soruların yanıtlanması gerekliliği dikkate alınarak, soruların verimli ve sonuç odaklı yanıtlanabilmesi amacıyla öğrencilere 10 günlük süre tanınmıştır. Sistem verilerine göre, katılımcıların tüm soruları ortalama 64 dakikada tamamladığı görülmüştür. Toplamda 100 kapalı uçlu ve 20 açık uçlu sorudan elde edilen veriler (soru, alt bölüm, ana bölüm ve tüm anket bazlı), öğrencilerin temel matematiksel kavramlar (skaler, vektör, tensör), türev operatörleri (gradyan, diverjans, rotasyonel), Gauss’un Diverjans Teoremi ve Reynolds Transport Teoremi gibi ileri düzey konularda karşılaştıkları zorlukları ayrıntılı biçimde ortaya koymaktadır. Spesifik olarak en düşük ortalama değerlendirme puanı (veya kavramsal anlama düzeyi), “Maddesel Türeve Yönelik Komütatif Benzerlikler” alt bölümüne ait olup, 4 üzerinden 2.47 (yaklaşık %62) olarak belirlenmiştir. En yüksek ortalama puan ise, “Çevre Mühendisliği Öğrencisinin Gözünden Akışkanlar Mekaniği Eğitimi” alt bölümüne ait olup, 4 üzerinden 3.54 (yaklaşık %89) olarak değerlendirilmiştir. Tüm anketin ortalama puanı 4 üzerinden 3.07 (yaklaşık %77) olarak elde edilmiştir. Katılımcıların çoğunluğu, özellikle diferansiyel akış analiziyle ilgili denklemlerin fiziksel ve matematiksel özelliklerini anlaşılmasında görselleştirme ve uygulamalı örneklerin etkili olduğunu belirtmiştir. Ayrıca, açık uçlu sorulara verilen yanıtlar, öğrencilerin soyut kavramların öğretiminde daha etkileşimli materyallere (Hesaplamalı Akışkanlar Dinamiği (HAD) esaslı simülasyonlar, etkileşimli grafikler ve çevrimiçi araçlar) duydukları ihtiyaçları güçlü bir şekilde vurgulamaktadır. Bu

çalışma, Navier-Stokes denklemleri gibi Akışkanlar Mekaniği biliminin köşe taşı konularına yönelik öğrenci algısını değerlendiren, alandaki mevcut çalışmalara kıyasla daha kapsamlı bir analiz sunan öncü bir araştırma olarak öne çıkmaktadır. Elde edilen bulgular, Çevre Mühendisliği eğitime yönelik ders içeriklerinin iyileştirilmesi ve öğrenci odaklı öğretim stratejilerinin geliştirilmesi için önemli çıkarımlar sunmaktadır. Ayrıca, bu araştırma, gelecekteki çalışmalara yönelik öncü bir temel oluşturarak, bu alandaki eğitimin kalitesini artırmaya yönelik yeni bir yol haritası sunmayı amaçlamaktadır.

**Anahtar Kelimeler:** Navier-Stokes Denklemleri, Kavramsal Anlama, Akışkanlar Mekaniği, Öğretim Stratejileri, Çevre Mühendisliği Eğitimi

## A PIONEERING ANALYSIS ON THE CONCEPTUAL UNDERSTANDING AND TEACHING STRATEGIES OF THE NAVIER-STOKES EQUATIONS

### ABSTRACT

This pioneering study aims to analyze the understanding levels and challenges faced by the Environmental Engineering students of the Faculty of Civil Engineering at Yıldız Technical University, who took the Fluid Mechanics course during the Fall Semester of 2024–2025, regarding complex concepts such as the Navier-Stokes equations, which are one of the most prominent topics of the course. As part of the research, a survey administered to a participant group of 127 students systematically assessed their conceptual understanding levels and opinions on teaching strategies. The comprehensive survey, administered online via the Microsoft Forms platform, was designed to consist of four main sections, each containing five sub-sections with five closed-ended questions (rated on a 0–4 scale) and one open-ended question. Considering the detailed content of the survey and the requirement for all questions to be answered during transitions between sections, students were given a 10-day period to provide efficient and outcome-oriented responses. According to system data, it was observed that participants completed all questions in an average of 64 minutes. The data obtained from a total of 100 closed-ended and 20 open-ended questions (based on question, sub-section, main section, and the entire survey) reveal in detail the challenges faced by students on advanced topics such as basic mathematical concepts (scalar, vector, tensor), derivative operators (gradient, divergence, curl), Gauss’s Divergence Theorem, and the Reynolds Transport Theorem. Specifically, the lowest average evaluation score (or conceptual understanding level) was found in the sub-section “Commutative Similarities for Material Derivative”, with a score of 2.47 out of 4 (approximately 62%). The highest average score was found in the sub-section “Fluid Mechanics Education from the Perspective of Environmental Engineering Students”, with a score of 3.54 out of 4 (approximately 89%). The average score for the entire survey was 3.07 out of 4 (approximately 77%). The majority of participants indicated that visualization and practical examples were effective in understanding the physical and mathematical properties of equations, particularly those related to differential flow analysis. Additionally, the responses to the open-ended questions strongly emphasize the students’ need for more interactive materials in the teaching of abstract concepts, such as Computational Fluid Dynamics (CFD)-based

simulations, interactive graphics, and online tools. This study stands out as a pioneering research that provides a more comprehensive analysis compared to existing studies in the field, evaluating student perceptions of cornerstone topics in Fluid Mechanics science, such as the Navier-Stokes equations. The findings provide significant insights for improving course content in Environmental Engineering education and developing student-centered teaching strategies. Furthermore, this research aims to establish a pioneering foundation for future studies, offering a new roadmap to enhance the quality of education in this field.

**Keywords:** Navier-Stokes Equations, Conceptual Understanding, Fluid Mechanics, Teaching Strategies, Environmental Engineering Education

## 1. GİRİŞ

Akışkanlar Mekaniği, mühendislik bilimlerinin temel taşlarından biri olup, doğal ve endüstriyel sistemlerdeki akışkanların davranışlarını anlamada merkezi bir rol oynamaktadır [1]. Bu disiplin, akışkanların hareketini, etkileşimlerini ve çeşitli dış faktörlere nasıl tepki verdiklerini inceleyerek, mühendislik problemlerin çözülmesinde önemli bir çerçeve sunmaktadır. İnşaat, çevre, kimya, enerji, makine, gemi ve uçak mühendislikleri gibi pek çok mühendislik disiplininde, akışkanların fiziksel ve matematiksel modellemeleri, yapıların tasarımından atık su yönetimine kadar geniş bir uygulama yelpazesi bulmaktadır. Akışkanlar Mekaniği, bu alanlarda mühendislik çözümlerinin geliştirilmesinde kritik bir rol oynar ve öğrencilere, teorik bilgilerini pratiğe dökerek, karmaşık mühendislik problemlerini çözme yeteneklerini geliştirme fırsatı sunar. Akışkanlar Mekaniği eğitimi, mühendislik öğrencilerine bu temel ilkeleri kazandırmanın yanı sıra, akışkan dinamiğiyle ilgili karmaşık problemleri anlamalarını ve analiz etmelerini sağlar [2]. Öğrencilerin, akışkanların hareketlerini ve etkileşimlerini tanımlayan teorileri ve denklemleri doğru bir şekilde öğrenmeleri, mühendislik tasarımı ve problem çözme yeteneklerinin gelişmesi açısından büyük önem taşır. Bu süreç, soyut matematiksel kavramlarla fiziksel modellerin birleşiminden yararlanarak, öğrencilerin gerçek dünya mühendislik problemlerine etkin çözümler geliştirmelerini mümkün kılar.

Akışkanlar Mekaniği eğitimi, öğrencilerin çeşitli fiziksel ve matematiksel kavramları anlamalarını gerektiren karmaşık bir süreçtir. Ancak, bu alandaki dersler, öğrenciler için birçok teknik ve kavramsal zorluk barındırmaktadır. Akışkanların davranışlarının soyut matematiksel modellerle ifade edilmesi, özellikle türev alma (diferansiyasyon), nonlineer terimler, tensörler, diferansiyel denklemler, vektör alanları, sınır koşulları, yüzey ve hacim integralleri, komütatiflik gibi karmaşık konularda kavramsal anlamayı güçleştirebilmektedir. Bu soyut matematiksel ifadelerin fiziksel anlamlarla ilişkilendirilmesi ise öğrencilerin, akışkanların davranışlarını gerçek dünya koşullarıyla modellemekte zorluk yaşamalarına neden olabilmektedir. Ayrıca, kapalı formda analitik çözümler sunmayan bazı matematiksel modellerin sayısal çözümleri için kullanılan iteratif yöntemler de öğrenciler için başka bir zorluk kaynağı oluşturmaktadır [3–6]. Bu yöntemlerin anlaşılması ve doğru bir şekilde uygulanması, genellikle karmaşık hesaplamalar gerektirir. Tüm bu kavramlar, akışkanların hareketinin ve etkileşimlerinin doğru bir şekilde modellenmesi için kritik öneme sahip olup, öğrencilerin analitik düşünme becerilerini geliştirmelerini zorunlu kılmaktadır.



Akışkanlar Mekaniği eğitimiyle ilgili araştırmalar, kavramsal anlayışta yaşanan zorlukların, öğretim materyallerinin, görselleştirme tekniklerinin ve interaktif öğrenme yöntemlerinin yetersizliğinden kaynaklandığını vurgulamaktadır. Bu nedenle, farklı öğretim yöntemlerinin etkinliğini ve öğrenci algılarını anlamaya yönelik çalışmalar, karmaşık mühendislik konularında daha etkili öğrenme deneyimlerinin sağlanmasında inovatif yaklaşımlar ve güncel teknolojilerin entegrasyonunun gerekliliğini vurgulamaktadır. Bu bağlamda, bilgisayar tabanlı animasyonlar ile sağlanan görselleştirmeler ve sanal gerçeklik teknolojisinin etkileşimli simülasyonları gibi çeşitli yaklaşımlar, mühendislik öğrencilerinin fiziksel ve matematiksel süreçleri derinlemesine anlamalarını sağlamayı hedeflemiştir [7–9]. İspanya’da gerçekleştirilen bir araştırmada, Zamora ve arkadaşları [10], Cartagena Politeknik Üniversitesi’nde Endüstri Mühendisliği öğrencilerine yönelik Akışkanlar Mekaniği ve ısı transferi derslerinde, Hesaplamalı Akışkanlar Dinamiği (HAD) ve proje tabanlı öğrenme yöntemini uygulamıştır. Bu yöntem, öğrencilerin fiziksel problemlere dair anlayışlarını geliştirirken, Phoenics ve Fluent gibi sonlu hacim yazılımlarıyla başarılı sayısal sonuçlar elde edilmesini sağlamıştır. Ayrıca, MATLAB (MATris LABORatuvarı) yazılımı ile de çözüm yapılmış ve HAD sonuçları analitik çözümlerle karşılaştırılmıştır. Bu sistem, mühendislik öğrencilerine termal ve akışkanlar mühendisliği konularında sağlam bir temel kazandırmıştır.

Yetilmezsoy [11], lisans ve lisansüstü düzeyindeki mühendislik öğrencilerinin (Yıldız Teknik Üniversitesi ve Yeditepe Üniversitesi, Türkiye) öğrenme kalitesini ve algılarını iyileştirmek amacıyla üç farklı derste Matematiksel, Deneysel ve Bilgisayar Tabanlı Eğitim Uygulaması (yayındaki adıyla IMECE) temelli bir eğitim metodolojisi önermiştir. Bu yöntem, geleneksel matematiksel çözüm, görsel uygulamalar ve MATLAB tabanlı simülasyonları birleştirerek öğrencilerin eğitime katkı sağlamayı hedeflemiştir. Araştırmada, su tahliye problemi örneği (Bernoulli ilkesi/Torricelli yasasının özel bir durumu) üzerinden üç farklı tank modeli kullanılmıştır. Çalışmada, deneysel veriler ve MATLAB algoritmalarıyla yapılan hesaplamalar sonucunda yeni ampirik denklemler geliştirilmiş ve metodolojinin etkinliği 84 öğrencinin katılımıyla yapılan anket ve değerlendirmelerle istatistiksel olarak ölçülmüştür. Sonuçlar, IMECE metodolojisinin algı/memnuniyet, öğrenme ve genel değerlendirme alanlarında sırasıyla yaklaşık olarak %98, %67 ve %83 etkinlik sağladığını göstermiştir.

Nazarbayev Üniversitesi (Kazakistan) ve Tasmania Üniversitesi (Avustralya) iş birliğinde gerçekleştirilen bir çalışmada, Adair ve Jaeger [12], lisans öğrencilerine akış hesaplamalarında sayısal bir yaklaşım tanıtmak için verimli bir strateji önermiştir. Çalışma, öğrencilerin Navier-Stokes denklemlerinin sonlu hacim yöntemiyle çözümünü adım adım takip edebilmesini sağlamıştır. Öğrencilerin yazdıkları kodları test edebilmeleri için “driven-cavity” (yönlendirilmiş oyuk veya tahrik edilmiş boşluk) problemi örnek olarak kullanılmıştır. Başlangıçta vortisite-akış fonksiyonu formunda ele alınan denklemler, ardından temel fiziksel değişkenlerle çözülmüştür. Çalışma, türbülans modelleme, ağ yapıları, sınır koşulları ve sıvı özellikleri gibi konuları tartışarak, HAD’ye giriş için etkili bir yaklaşım sunduğunu vurgulamıştır.

Narayanan [13], Akışkanlar Mekaniği dersinde Navier-Stokes denklemlerinin anlaşılmasını artırmak amacıyla Miami Üniversitesi’nde (ABD) bir değerlendirme çalışması gerçekleştirmiştir. Öğrencilerin vektör kalkülüs ve kısmi diferansiyel denklemler gibi temel

matematiksel kavramları anlamakta zorlandıkları belirlenmiş, bu eksiklikleri gidermek için 50 dakikalık üç ders verilmiştir. Derslerde Green, Gauss ve Stokes teoremleri ile Buckingham Pi Teoremi anlatılmıştır. Öğrencilerin öğrenme seviyeleri, Likert ölçeği kullanılarak değerlendirilmiş ve beş konuya yönelik 50 dakikalık bir sınav yapılmıştır. Değerlendirme sonuçları, diferansiyel denklemler konusunda öğrencilerin güçlü olduğu (5/5), ancak vektör analizi (2/5), türev işlemleri (2/5) ve Navier-Stokes denklemlerinde (2/5) eksiklik yaşadıklarını göstermiştir. Çalışma, bu temel konuların daha kapsamlı öğretilmesi gerektiğini ortaya koymuştur. Akışkanlar Mekaniği eğitiminde öğrenme odaklı yaklaşımlara yönelik artan ilgi, son dönemdeki diğer araştırmalarla da desteklenmektedir [14–16]. Bu çalışmalar, eğitimde öğrenme çıktılarını iyileştirmeye yönelik yenilikçi pedagojik stratejiler ve aktif öğrenme yöntemlerinin etkinliğini vurgulamaktadır.

Akışkanlar Mekaniği eğitimine yönelik mevcut araştırmalar genellikle öğrencilerin karmaşık mühendislik konularını anlamadaki zorluklarını ve öğretim stratejilerinin etkinliğini incelemektedir. Ancak, bu çalışmaların çoğu, öğrencilerin anlayış düzeylerini belirlemeye yönelik küçük ölçekli anketler veya kısıtlı ders süreleriyle yapılan analizlerle sınırlıdır. Buna karşın, mevcut araştırmada literatürde örneği bulunmayan kapsamlı bir bilimsel anket çalışması uygulanmıştır. Anket, 127 öğrenciden oluşan geniş bir örnekleme gerçekleştirilmiş olup, tüm konuyu değerlendiren 100 kapalı uçlu ve 20 açık uçlu sorudan oluşan toplam 20 alt bölüm içermektedir. Bu yapı, öğrencilerin Navier-Stokes denklemleri ve ilişkili kavramlar hakkındaki kavramsal anlama düzeylerinin derinlemesine incelenmesine olanak sağlamaktadır. Ayrıca, bu öncü araştırma, dört haftalık ayrıntılı bir eğitim sürecinin ardından elde edilen analiz sonuçlarıyla, Akışkanlar Mekaniği eğitimine dair literatüre özgün katkılar sunmaktadır. Bu eğitim süreci, öğrencilerin kavramsal anlama düzeylerini ve karşılaştıkları zorlukları ayrıntılı bir şekilde ortaya koymaya olanak tanımaktadır. Dolayısıyla, mevcut araştırma, ders sürecinin her aşamasında öğretim stratejilerinin etkinliğiyle ilgili önemli veriler sunarak, bu alandaki literatür boşluğunu doldurmaya katkı sağlamayı hedeflemektedir.

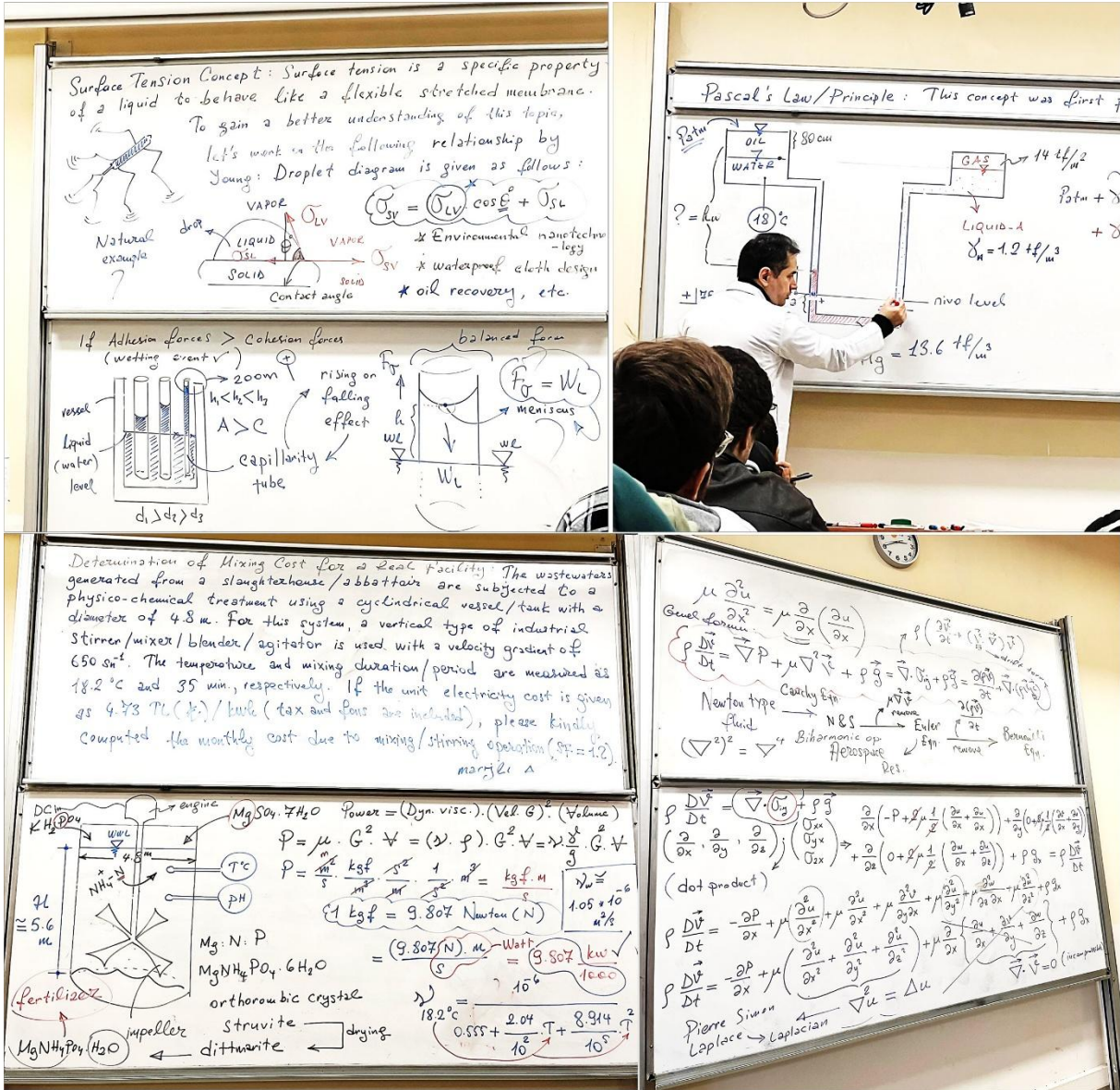
## 2. YÖNTEM

### 2.1. Araştırma Tasarımı, Uygulanan Eğitim Yöntemi ve Katılımcı Demografisi

Bu araştırma, 2024–2025 Güz Dönemi'nde Yıldız Teknik Üniversitesi (YTÜ) İnşaat Fakültesi Çevre Mühendisliği Bölümü'nde, CEV2241 Çevre Mühendisliğinde Akışkanlar Mekaniği dersini alan 127 öğrenci üzerinde gerçekleştirilmiştir. Haftada 2 saat teorik ve 2 saat uygulamalı olarak verilen ve İngilizce dilinde sunulan bu ders, öğrenciler için zorunlu bir temel meslek dersidir. Dersin içeriği, akışkanların temel özelliklerini, Akışkanlar Mekaniği denklemlerini ve uygulamalı örneklerle desteklenen çözüm yöntemlerini kapsamaktadır. Bu öncü araştırma, dersin önemli konularından biri olan ve karmaşık bir anlayış gerektiren Navier-Stokes denklemleri gibi ileri düzey konularda öğrencilerin kavramsal anlama düzeylerini ve karşılaştıkları zorlukları anket yoluyla belirleyerek, hangi öğretim yöntemlerinin daha etkili olabileceğine dair veri sağlamayı hedeflemiştir.

Dersin yüz yüze eğitim formatı ve interaktif öğretim yöntemi, öğrencilerin aktif katılımını teşvik etmeyi amaçlamaktadır. Bu yöntem, metaforik örneklerle desteklenen ve ders öncesinde

ve sonrasında soru-cevap ile tartışma gibi etkileşimli teknikleri içermektedir. Tüm dönem boyunca, öğretim üyesi dersin sayısal ve görsel içeriğini tamamen tahtada yazı yazarak (slayt kullanılmadan) ve cetvel ile şekiller ve grafikler çizerek uygulamıştır. Bu yaklaşım, öğrencilerin soyut kavramları daha derinlemesine anlamalarına ve bilgilerin hafızalarında kalıcı olmasını destekleyecek şekilde tasarlanmıştır. Dolayısıyla uygulanan yöntem, dersin genel başarısını destekleyerek araştırma sürecinde elde edilen verilerin geçerliliğini ve anlamlılığını artırmıştır. Görsel 1’de, CEV2241 dersi kapsamındaki öğretim yöntemini somut olarak gösteren bazı örnekler yer almaktadır. Bu örnekler, dersin uygulama sürecinde öğrencilerin öğrenme deneyimlerine nasıl katkı sağlandığını göstermektedir.



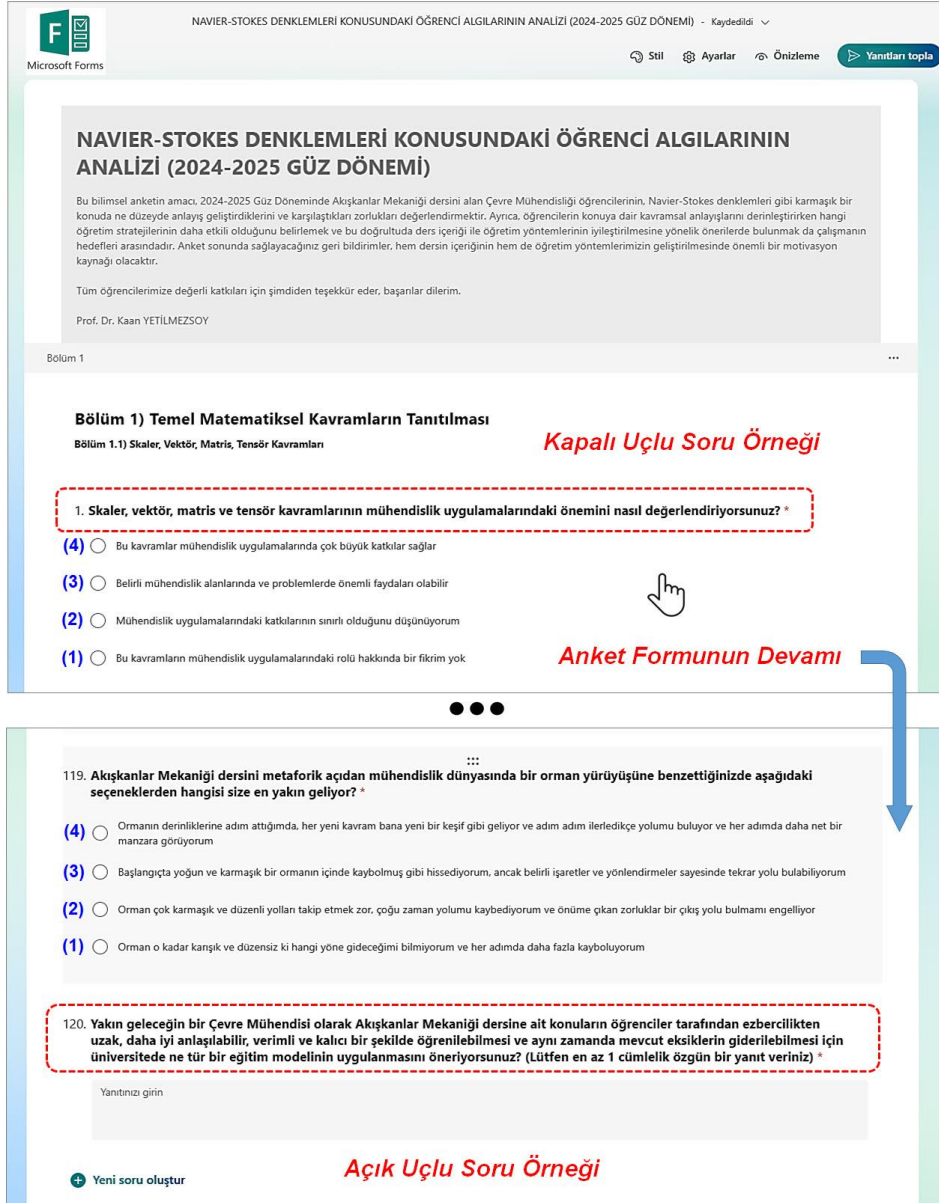
**Görsel 1. Ders Kapsamında Uygulanan İnteraktif Öğretim Yöntemiyle Kavramların Tahtada Yazılı ve Şekilsel Olarak Ayrıntılı Açıklanması**

Araştırmaya katılan öğrenci grubunun demografik yapısı, zorunlu olarak derse katılan 87 öğrenci (24 erkek, 63 kız) ve alttan alan 40 öğrenci (11 erkek, 29 kız) ile şekillendirilmiştir. Katılımcılar, 1. sınıftan 4. sınıfa kadar farklı yıllardan öğrencilerden meydana gelmiş olup,

çoğunluğu 2. sınıf (81 öğrenci) ve 3. sınıf (36 öğrenci) öğrencilerinden oluşmuştur. Bu öğrenci profili, araştırmanın Akışkanlar Mekaniği dersine dair farklı seviyelerdeki bilgi ve anlayış düzeylerini yansıtarak, dersin öğrenci algısını değerlendirmeye olanak tanımıştır. Ayrıca, katılımcıların büyük kısmının 2. ve 3. sınıf öğrencileri olması, derse yönelik kavramsal farkındalık ve karşılaşılan zorluklar konusunda önemli veriler elde edilmesine olanak sağlamıştır.

## 2.2. Anket Uygulaması ve Veri Toplama Süreci

Bu araştırmada, anket verilerinin toplanması için Microsoft Forms platformu kullanılmıştır. Microsoft Forms, Microsoft 365 uygulamalarından biri olup, bulut tabanlı bir anket ve veri toplama aracıdır. Bu platform, kullanıcıların otomatik işaretleme yoluyla anketler ve testler oluşturmasına imkân tanımaktadır. Elde edilen veriler, Microsoft Excel'e aktarılabilen ve grafiksel olarak değerlendirilebilmektedir. Araştırmaya katılan öğrencilere anketin hazırlanmasından sonra Microsoft Forms platformundan elde edilen bağlantı linki, 02 Ocak 2025 Perşembe günü YTÜ Öğrenci Bilgi Sistemi (OBS) üzerinden iletilmiş ve ankete YTÜ öğrenci hesaplarıyla giriş yapmaları istenmiştir. Böylece, yalnızca CEV2241 dersini alan ve YTÜ öğrenci statüsüne sahip katılımcıların anketi doldurması sağlanarak veri güvenliği ve doğruluğu artırılmıştır. Öğrencilere soruları yanıtlamak için 10 günlük bir süre tanınmış olup, anketi tamamlama konusunda herhangi bir zaman kısıtlaması uygulanmamıştır. Her öğrenciye sadece bir kez katılım hakkı tanınmış, soruların sıralaması değiştirilmeden sunulmuş ve bölümler arası geçişlerde tüm soruların yanıtlanması gerekliliği getirilmiştir. Bu önlemler, veri manipülasyonunu engelleyerek anketin eksiksiz ve standardize bir şekilde tamamlanmasına olanak tanımış ve bütünlük korunmuştur. Bunun yanı sıra, anketin anonimliğinin sağlanabilmesi için, Microsoft Forms platformunda öğrencilerin adları veya e-posta adreslerinin kaydedilmemesi amacıyla bir ayarlama yapılmıştır. Katılımcılara formu tamamlayıp gönderimlerinin ardından yalnızca kendi yanıtlarını görüp kontrol edebilme imkânı sağlanmıştır. Ancak formu gönderdikten sonra yanıtları üzerinde herhangi bir düzenleme, silme veya ekleme yapma hakkı verilmemiştir. Bununla birlikte anket uygulaması, katılımcıların formu tamamlayana kadar form üzerinde herhangi bir kaydetme yapamayacakları ve sadece bir seferde formu bitirip göndermek zorunda olacakları şekilde ayarlanmıştır. Böylelikle, katılımcıların yanıtlarını değiştirerek anket sürecini manipüle etmeleri engellenmiş ve veri güvenliği ile doğruluğunun artması sağlanmıştır. Görsel 2'de Microsoft Forms platformu üzerinden oluşturulan anket formunun açıklanmalı bir ekran görüntüsü sunulmuştur.



**NAVIER-STOKES DENKLEMLERİ KONUSUNDAKİ ÖĞRENCİ ALGILARININ ANALİZİ (2024-2025 GÜZ DÖNEMİ)**

Bu bilimsel anketin amacı, 2024-2025 Güz Döneminde Akışkanlar Mekaniği dersini alan Çevre Mühendisliği öğrencilerinin, Navier-Stokes denklemleri gibi karmaşık bir konuda ne düzeyde anlayış geliştirdiklerini ve karşılaştıkları zorlukları değerlendirmektir. Ayrıca, öğrencilerin konuya dair kavramsal anlayışlarını derinleştirirken hangi öğretim stratejilerinin daha etkili olduğunu belirlemek ve bu doğrultuda ders içeriği ile öğretim yöntemlerinin iyileştirilmesine yönelik önerilerde bulunmak da çalışmanın hedefleri arasındadır. Anket sonunda sağlayacağınız geri bildirimler, hem dersin içeriğinin hem de öğretim yöntemlerimizin geliştirilmesinde önemli bir motivasyon kaynağı olacaktır.

Tüm öğrencilerimize değerli katkıları için şimdiden teşekkür eder, başarılar dilerim.

Prof. Dr. Kaan YETİLMEZSOY

Bölüm 1

**Bölüm 1) Temel Matematiksel Kavramların Tanıtılması**  
Bölüm 1.1) Skaler, Vektör, Matris, Tensör Kavramları

**Kapalı Uçlu Soru Örneği**

1. Skaler, vektör, matris ve tensör kavramlarının mühendislik uygulamalarındaki önemini nasıl değerlendiriyorsunuz? \*

(4)  Bu kavramlar mühendislik uygulamalarında çok büyük katkılar sağlar

(3)  Belirli mühendislik alanlarında ve problemlerde önemli faydaları olabilir

(2)  Mühendislik uygulamalarındaki katkısının sınırlı olduğunu düşünüyorum

(1)  Bu kavramların mühendislik uygulamalarındaki rolü hakkında bir fikrim yok

**Anket Formunun Devamı**

119. Akışkanlar Mekaniği dersini metaforik açıdan mühendislik dünyasında bir orman yürüyüşüne benzettiginizde aşağıdaki seçeneklerden hangisi size en yakın geliyor? \*

(4)  Ormanın derinliklerine adım attığımda, her yeni kavram bana yeni bir keşif gibi geliyor ve adım adım ilerledikçe yolumu buluyor ve her adımda daha net bir manzara görüyorum

(3)  Başlangıçta yoğun ve karmaşık bir ormanın içinde kaybolmuş gibi hissediyorum, ancak belirli işaretler ve yönlendirmeler sayesinde tekrar yolu bulabiliyorum

(2)  Orman çok karmaşık ve düzenli yolları takip etmek zor, çoğu zaman yolumu kaybediyorum ve önüme çıkan zorluklar bir çıkış yolu bulmamı engelliyor

(1)  Orman o kadar kargaşık ve düzensiz ki hangi yöne gideceğimi bilmiyorum ve her adımda daha fazla kayboluyorum

120. Yakın geleceğin bir Çevre Mühendisi olarak Akışkanlar Mekaniği dersine ait konuların öğrenciler tarafından ezberciliğinden uzak, daha iyi anlaşılabilir, verimli ve kalıcı bir şekilde öğrenilebilmesi ve aynı zamanda mevcut eksiklerin giderilebilmesi için üniversitede ne tür bir eğitim modelinin uygulanmasını öneriyorsunuz? (Lütfen en az 1 cümlelik özgün bir yanıt veriniz) \*

Yanıtınızı girin

**Açık Uçlu Soru Örneği**

Yeni soru oluştur

## Görsel 2. Araştırma Kapsamında Hazırlanan Anket Formuna Ait Ekran Görüntüsü Örneği

### 2.2. Anketin Yapısı ve Sonuçların Değerlendirilmesi

Navier-Stokes denklemleri gibi ileri düzey bir konunun tüm ayrıntılarıyla öğretildiği dört haftalık yoğun bir süreç göz önünde bulundurularak, bu öğrenme süreciyle uyumlu olacak şekilde anket dört ana bölüme ayrılmıştır. Her ana bölüm, içeriğinin yeterince ayrıntılı olması nedeniyle beş kapalı uçlu soru ve bir açık uçlu soru içeren beş alt bölüme bölünmüştür. Bu yapılandırma, daha sistematik bir analiz yapılabilmesi amacıyla tercih edilmiştir. Uygulanan anket, birçok konvansiyonel anket çalışmasına kıyasla daha uzun ve kapsamlıdır. Ancak, öğrencilerin karmaşık (matematik ve fen bilimleri gibi konularda yeterli bilgi birikimi ve problem çözme becerisi gerektiren) bir konuya ilişkin kavramsal anlama düzeylerini ve karşılaştıkları zorlukları derinlemesine analiz edebilmek için bu tür bir yapının gerekli olduğu düşünülmüştür. Bu şekilde, konuya dair daha anlamlı ve faydalı bulgular elde edilmesi sağlanmıştır.

Anketin içeriğinde, toplam 100 kapalı uçlu ve 20 açık uçlu soru yer almış olup, kapalı uçlu sorulara öğrenciler seçenekler arasından yanıt verirken, açık uçlu sorulara katılımcıların en az bir cümleyle kişisel yorum eklemeleri istenmiştir. Kapalı uçlu sorulara verilen yanıtlar, her bir soru, alt bölüm, ana bölüm ve genel anket düzeyinde 0–4 puan aralığında değerlendirilmiştir. İlk seçenekler, katılımcının konuya ilişkin derin bir anlayışa sahip olduğu kabul edilerek 4 puanla, ikinci seçenekler ise katılımcının konuya dair kısmi bir anlayışa sahip olduğu kabul edilerek 3 puanla puanlandırılmıştır. Üçüncü seçenekler, katılımcının konuya dair olumsuz bir görüş belirttiği veya zorluk yaşadığı durumlar olarak kabul edilerek 2 puanla değerlendirilmiştir. Kapalı uçlu soruların dördüncü seçenekleri ise iki farklı kategoride analiz edilmiştir. Bazı sorularda, katılımcının tamamen bir görüş veya bilgi sahibi olmadığı (örneğin, “fikrim yok” veya “bilgim yok” şeklindeki cevaplar) ve tamamen ilgisiz veya isteksiz olduğu durumlar sıfır (0) puanla değerlendirilmiştir. Ancak tamamen bilgi eksikliği içermeyen, sınırlı bilgi veya eksik deneyim (örneğin, konuyu ilk kez görme ve yeni bir öğrenme süreci içerisinde olma) ile birlikte ciddi zorluklar belirten cevaplar 1 puanla değerlendirilmiştir. Bu puanlama yöntemi, verilerin daha derinlemesine analiz edilmesine olanak sağlamıştır. Aynı zamanda her bir puan değeri, öğrencilerin kavramsal anlama düzeylerini daha hassas bir şekilde yansıtabilmek amacıyla belirli bir yüzdelik ölçüğe dönüştürülmüştür. Buna göre, 4 puan %100, 3 puan %75, 2 puan %50, 1 puan %25 ve 0 puan ise %0 olarak değerlendirilmiştir. Bu dönüşüm, öğrencilerin konuya ilişkin kavramsal anlama düzeylerini nicel bir biçimde analiz etmeye olanak sağlamıştır.

Açık uçlu sorular, “Soru 6” itibarıyla başlamış ve her alt bölümde beş kapalı uçlu soruyu takiben bir açık uçlu soru yer almıştır. Bu düzen, katılımcıların belirli bir konu hakkında kapalı uçlu sorularla yönlendirilmesini sağlamış, ardından açık uçlu sorularla öğrencilere daha derinlemesine düşünme ve ifade özgürlüğü sunmuştur. Böylece, hem nicel hem de nitel verilerin dengeli bir şekilde toplanması hedeflenmiştir. Açık uçlu soruların değerlendirilmesi, kapalı uçlu sorulardan farklı olarak daha subjektif ve yoruma dayalı bir yaklaşım gerektirdiğinden, bu soruların yanıtları içerik analizi yöntemiyle incelenmiştir. Yanıtların değerlendirilmesinde mantık yapısı, konu ile ilişkisi ve yeterliliği gibi kriterler dikkate alınarak, bu ölçütlere uymayan bazı geri bildirimler elimine edilmiştir. Çizelge 1–4’te, uygulanan anket formunun bölümleri, alt bölümleri ve her alt bölümde yer alan kapalı ve açık uçlu soruların amaçlarına ilişkin genel bilgiler sunulmuştur.

### Çizelge 1. Bölüm 1’e Ait Alt Bölümler ve İlgili Soruların Amaçları

<b>Bölüm 1) Temel Matematiksel Kavramların Tanıtılması</b>
Bölüm 1.1) Skaler, Vektör, Matris, Tensör Kavramları
<b>Soruların Amacı:</b> Bu sorular, skaler, vektör, matris ve tensör kavramlarının mühendislikteki önemini, bu kavramları öğrenmenin algılamaya etkisini ve uzun vadeli katkılarını ölçmeyi amaçlamaktadır.
Bölüm 1.2) Nabla, Gradyan, Diverjans, Rotasyonel ve Laplasyen Kavramları
<b>Soruların Amacı:</b> Bu kavramların mühendislik uygulamalarıyla olan bağlantısını ve bu kavramları anlamadaki zorlukları tespit etmeye yöneliktir.
Bölüm 1.3) Maddesel Türev, Kısmi Türev, Konvektif Transport Operatörü, Jakobiyen Matrisi Kavramları

<b>Soruların Amacı:</b> Fiziksel büyüklüklerin zaman ve mekânsal değişimlerini anlamadaki etkileri ile bu kavramların öğrenim sürecini değerlendirmektir.
Bölüm 1.4) Nokta Çarpımı, Hadamard Çarpımı ve Dyadik Çarpım Kavramları
<b>Soruların Amacı:</b> Bu çarpım türlerinin mühendislik problemlerinde uygulama alanlarının anlaşılabilirliğini değerlendirmektir.
Bölüm 1.5) Türev Operatörü İşlemleri
<b>Soruların Amacı:</b> Türev operatörlerinin sembollerinin okunabilirliğini ve bu operatörlerin fiziksel anlamlarının kavranma seviyesini belirlemektir.

### Çizelge 2. Bölüm 2'ye Ait Alt Bölümler ve İlgili Soruların Amaçları

<b>Bölüm 2) Navier-Stokes Probleminin Tanımı, Bilimsel Görüşler ve Diferansiyel Akış Analizi</b>
Bölüm 2.1) Navier-Stokes Probleminin Tanıtılması ve Mesleki Açısından Önemi
<b>Soruların Amacı:</b> Navier-Stokes probleminin tanınabilirliğini ve bu problemin mühendislik mesleği için önemini anlamaktır.
Bölüm 2.2) Lagrange, Newton, Euler, Reynolds ve Gauss'un Bakış Açıları
<b>Soruların Amacı:</b> Bu bilim insanlarının görüşlerinin mühendislik pratiğine katkılarını ve öğrencilerin bakış açısına etkilerini değerlendirmektir.
Bölüm 2.3) Kontrol Hacmi (CV) ve Kontrol Yüzeyi (CS) Kavramları
<b>Soruların Amacı:</b> Kontrol hacmi ve kontrol yüzeyi kavramlarının teorik ve pratik önemi hakkında farkındalık yaratmaktır.
Bölüm 2.4) Reynolds Transport Teoremi
<b>Soruların Amacı:</b> Reynolds Transport Teoremi'nin anlaşılabilirliğini ve uygulamalarını incelemektir.
Bölüm 2.5) Diverjans Teoremi
<b>Soruların Amacı:</b> Diverjans teoreminin mühendislik uygulamalarındaki yerini ve anlaşılabilirliğini tespit etmektir.

### Çizelge 3. Bölüm 3'e Ait Alt Bölümler ve İlgili Soruların Amaçları

<b>Bölüm 3) Kütle Korunumu, Momentumun Korunumu ve Stres Tensörü</b>
Bölüm 3.1) Kütle Yoğunluğu, Momentum Yoğunluğu ve Akı Kavramları
<b>Soruların Amacı:</b> Bu kavramların Akışkanlar Mekaniğindeki rolünü ve uygulama potansiyelini anlamaktır.
Bölüm 3.2) Kütle Yoğunluğu için Hacimsel İntegralin ve Yüzey İntegralinin Yazılması
<b>Soruların Amacı:</b> Kütle yoğunluğu üzerine matematiksel hesaplamaları anlamak ve uygulamaktır.
Bölüm 3.3) Momentum Yoğunluğu için Hacimsel İntegralin ve Yüzey İntegralinin Yazılması
<b>Soruların Amacı:</b> Momentum yoğunluğu hesaplamalarını anlamaya yönelik algıyı değerlendirmektir.
Bölüm 3.4) Maddesel Türeve Yönelik Komütatif Benzerliklerin Analiz Edilmesi
<b>Soruların Amacı:</b> Maddesel türev işlemleriyle ilgili matematiksel analiz yeteneğini ölçmektir.
Bölüm 3.5) Stres Tensörünün Bileşenleri ve Matris Formundaki Matematiksel Açılımlar
<b>Soruların Amacı:</b> Stres tensörü kavramının bileşenlerini anlama ve uygulama becerilerini incelemektir.

### Çizelge 4. Bölüm 4'e Ait Alt Bölümler ve İlgili Soruların Amaçları

<b>Bölüm 4) Navier-Stokes Denkleminin Genel Formu ve Akışkanlar Mekaniği Eğitimi</b>
--

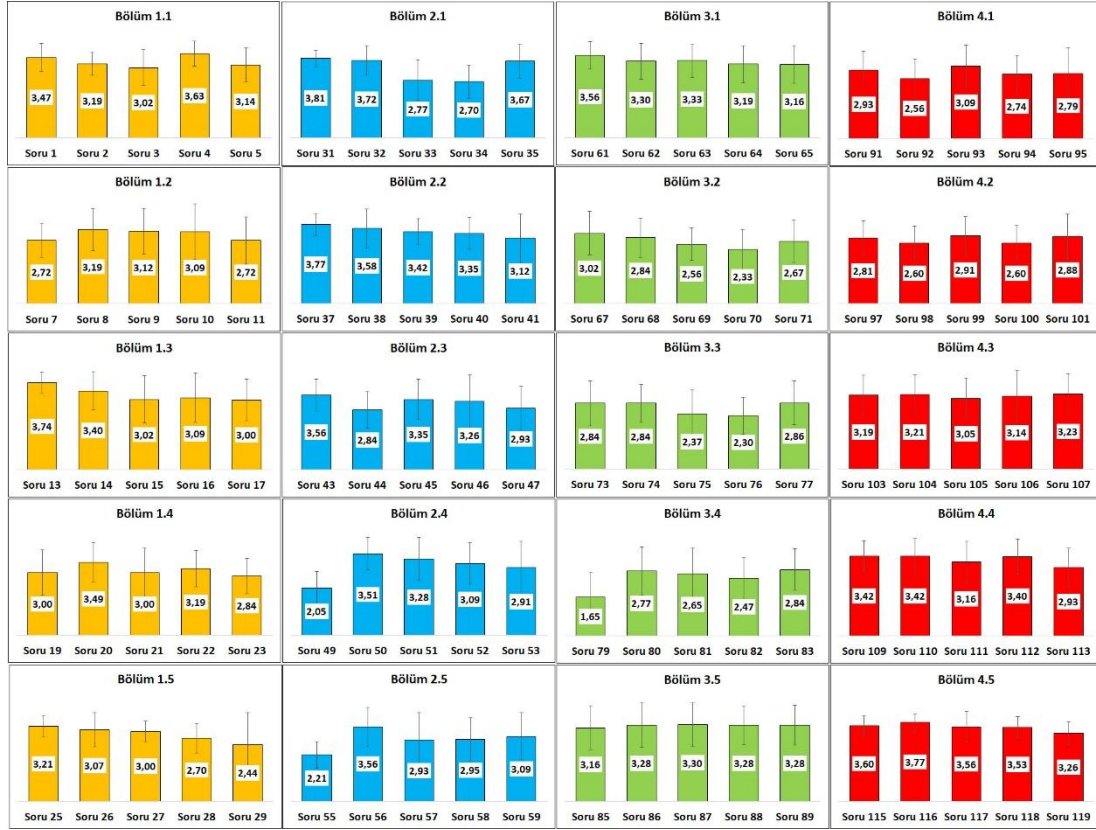
Bölüm 4.1) Navier-Stokes Denklemine Fiziksel Özellikleri (Akışkanın Gerçek Davranışı ile İlgili Gözlemler ve Mekanik Yasalar)
<b>Soruların Amacı:</b> Navier-Stokes denkleminin fiziksel yönüyle akışkan davranışını anlamaya katkısını incelemektir.
Bölüm 4.2) Navier-Stokes Denklemine Matematiksel Özellikleri (Akışkanın Davranışının Modeli ve Çözüm Teknikleri)
<b>Soruların Amacı:</b> Denklem soyut matematiksel yapısını anlamaya yönelik farkındalık yaratmaktır.
Bölüm 4.3) Denklem Genel Formundan Euler ve Bernoulli Denklemlerinin Elde Edilmesi
<b>Soruların Amacı:</b> Navier-Stokes denklemlerinin türevleri olan Euler ve Bernoulli denklemlerinin çıkarılabilirliğini anlamaktır.
Bölüm 4.4) Navier-Stokes Denklemi ile İlgili Sınıf İçi Uygulamalar
<b>Soruların Amacı:</b> Ders sırasında yapılan uygulamaların öğrencilerin kavrama düzeyine etkisini belirlemektir.
Bölüm 4.5) Çevre Mühendisliği Öğrencisinin Gözünden Akışkanlar Mekaniği Eğitimi
<b>Soruların Amacı:</b> Akışkanlar Mekaniği eğitiminin Çevre Mühendisliği perspektifinden mesleki katkısını değerlendirmektir.

### 3. BULGULAR VE TARTIŞMA

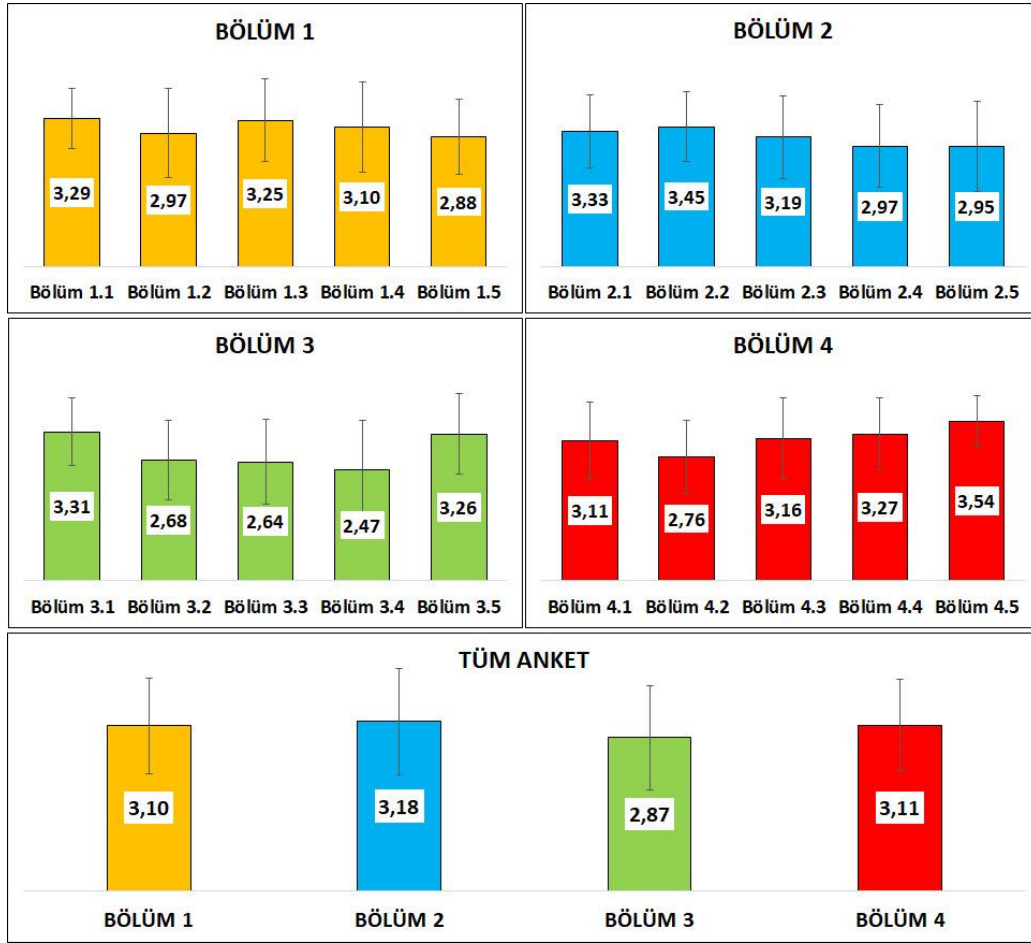
#### 3.1. Kavramsal Anlama Düzeyleri: Kapalı Uçlu Soruların Analizi

Navier-Stokes denklemleri gibi ileri düzey bir konuya dair öğrencilerin kavramsal anlama düzeylerini ve karşılaştıkları zorlukları belirlemek amacıyla gerçekleştirilen kapsamlı anketin kapalı uçlu soruları, soru bazında ve ana bölüm/alt bölüm düzeyinde ortalama puanlar (4 üzerinden) ile standart sapmalar şeklinde analiz edilmiştir. Elde edilen sayısal bulgular, sırasıyla Görsel 3 ve Görsel 4'teki grafiklerde sunulmuştur. Anket puanlarının yüzdelik değerlere dönüştürülmüş grafikleri ve öğrencilerin anket sorularına verdikleri yanıtların seçeneklere göre dağılım yüzdeleri, sayfa sınırları nedeniyle burada sunulmamıştır. Diğer sayısal ve görsel detaylar için yazarlarla iletişime geçilebilir.





**Görsel 3. Navier-Stokes Denklemleri Konusundaki Anketin Tüm Kapalı Uçlu Sorularına Ait 4 Üzerinden Ortalama Değerlendirme Puanları ve Standart Sapmaları**



**Görsel 4. Navier-Stokes Denklemleri Konusundaki Anketin Ana Bölümlerine ve Alt Bölümlerine Ait 4 Üzerinden Ortalama Değerlendirme Puanları ve Standart Sapmaları**

Anket verileri üzerinde yapılan incelemelerde bazı sorular için uç değerler ve istatistiksel sapmalar gözlemlenmiştir. Örneğin, çoğunluğun 1–2 puan verdiği bir soruya (örneğin, Bölüm 3.4 / Soru 79) birkaç katılımcının 4 puan vermesi veya çoğunluğun 3–4 verdiği bir soruya (örneğin, Bölüm 4.1 / Soru 93) birkaç katılımcının 0 puan vermesi gibi anomali niteliğinde bazı yanıtlar belirlenmiştir. Bu tür yanıtların sebepleri arasında, katılımcıların soruları farklı şekillerde anlaması, yanlışlıkla yapılan puanlama hataları, kişisel görüşler, aceleci yanıtlar veya derse düzenli katılım göstermeyen öğrencilerin eksik bilgiyle yanıt vermesi gibi faktörler yer alabilir. Ayrıca, öğrencilerin bireysel bilgi seviyeleri, konuya olan ilgileri ve farklı bakış açıları da uç yanıtlar vermelerine yol açmış olabilir. Buna rağmen, eş zamanlı eğitim gören öğrencilerden oluşan sınıfın genel görüşünü ve eğilimini doğru bir şekilde yansıtabilmek adına hiçbir veri dışlanmamış ve tüm katılımcıların geri bildirimleri bütüncül olarak analiz edilmiştir. Bu çalışmada, tüm katılımcıların yanıtları dikkate alınarak her ana bölüm ve alt bölüm için 4 üzerinden ortalama anket puanları (OAP) ile yüzdelik ölçeğe göre ortalama kavramsal anlama düzeyleri (OKAD) hesaplanmıştır. Anket sonuçlarına dayalı genel değerlendirmeler, tüm alt bölümler için Çizelge 5–8’de sistematik bir şekilde sunulmuştur. Çizelgelerde her alt bölüme ait “Genel Değerlendirme” kısımlarında yer alan yüzdesel değerler, ilgili sorular için belirli bir seçeneği tercih eden veya o görüşü savunan öğrenci sayısının toplam katılımcı sayısındaki payını göstermekte olup, OKAD değerleriyle karıştırılmamalıdır.

### Çizelge 5. Bölüm 1'e Ait Alt Bölümler İçin Kapalı Uçlu Soruların Analizi

<b>Bölüm 1) Temel Matematiksel Kavramların Tanıtılması (OAP = 3.10 ± 0.90, OKAD = %77)</b>
<b>Bölüm 1.1) Skaler, Vektör, Matris, Tensör Kavramları (OAP = 3.29 ± 0.67, OKAD = %82)</b>
<b>Genel Değerlendirme (Soru 1–Soru 5):</b> Öğrencilerin %50'si skaler, vektör, matris ve tensörlerin mühendisliğe büyük katkı sağladığını düşünürken, %72'si bu kavramları öğrenince dersleri daha hızlı algıladığını belirtmiştir. Katılımcıların %44'ü bu bilgilerin kariyerlerine katkı sağlayacağını, %60'ı ise mühendislik problemlerinin çözümünde faydalı olacağını ifade etmiştir. %42'si ise soyut kavramların mühendislik uygulamalarına yönelik ilgiyi artırdığını belirtmiştir.
<b>Bölüm 1.2) Nabla, Gradyan, Diverjans, Rotasyonel ve Laplasyen Kavramları (OAP = 2.97 ± 0.99, OKAD = %74)</b>
<b>Genel Değerlendirme (Soru 7–Soru 11):</b> Öğrencilerin %54'ü nabla, gradyan, diverjans, rotasyonel ve Laplacian kavramlarını ilk öğrendiklerinde mühendislikle olan bağlantısını anlamakta kısmen zorlandığını belirtmiştir. Katılımcıların %34'ü gradyan kavramını öğrendikten sonra bir skaler fonksiyonun veya vektör alanının değişimini daha iyi anlamaya başladığını, %36'sı diverjans kavramını öğrendikten sonra vektör alanlarını anlamının çok kolaylaştığını, %44'ü de rotasyonel kavramının vektör alanının dönme özelliklerini anlamalarında çok faydalı olduğunu ifade etmiştir. Öğrencilerin %44'ü ise Laplasyen kavramını öğrendikten sonra bu diferansiyel operatörün mühendislik uygulamalarında nasıl kullanıldığını anlamakta kısmen zorlandığını belirtmiştir.
<b>Bölüm 1.3) Maddesel Türev, Kısmi Türev, Konvektif Transport Operatörü, Jakobiyen Matrisi Kavramları (OAP = 3.25 ± 0.91, OKAD = %81)</b>
<b>Genel Değerlendirme (Soru 13–Soru 17):</b> Öğrencilerin %70'i maddesel türevin değişimleri anlamayı kolaylaştırdığını belirtirken, %50'si kısmi türevle çok değişkenli fonksiyonları analiz etmekte kısmen rahat hissetmiştir. Katılımcıların %32'si konvektif transport operatörünün akışkanları anlamayı kolaylaştırdığını, %36'sı ise Jakobiyen matrisi ile vektör alanlarını daha iyi modelleyebildiğini, %56'sı ise bu kavramların mühendislik uygulamalarını anlamakta başlangıçta zorlanmış olsalar da zamanla daha iyi kavradıklarını belirtmiştir.
<b>Bölüm 1.4) Nokta Çarpımı, Hadamard Çarpımı ve Dyadik Çarpım Kavramları (OAP = 3.10 ± 1.01, OKAD = %78)</b>
<b>Genel Değerlendirme (Soru 19–Soru 23):</b> Öğrencilerin %42'si nokta çarpımı gibi kavramların mühendislikteki rolünü anlamakta zorlanırken, %62'si nokta çarpımını öğrenince vektör ilişkisini daha iyi anladığını vurgulamıştır. Katılımcıların %38'i Hadamard çarpımının uygulamada kolaylık sağladığını, %34'ü ise dyadik çarpımının problemlere yaklaşımı kolaylaştırdığını belirtmiştir. Son olarak, %50'si ise bu üç işlem hakkında hâlâ daha fazla bilgi edinmek istediğini ifade etmiştir.
<b>Bölüm 1.5) Türev Operatörü İşlemleri (OAP = 2.88 ± 0.84, OKAD = %72)</b>
<b>Genel Değerlendirme (Soru 25–Soru 29):</b> Öğrencilerin %74'ü türev operatörlerinin fiziksel anlamlarını öğrendiğini ancak bazılarının hala karmaşık geldiğini, %50'si ise sembollerini okumakta bazen zorlandığını belirtmiştir. Katılımcıların %68'i bu işlemleri ilk kez Navier-Stokes denklemleriyle öğrendiğini, %54'ü bağlantı kurmakta ilk başta zorlandığını ancak zamanla anladığını ve %24'ü ise bu konuda daha fazla araştırma yapmak için oldukça motivasyon kazandığını ifade etmiştir.

### Çizelge 6. Bölüm 2'ye Ait Alt Bölümler İçin Kapalı Uçlu Soruların Analizi

<b>Bölüm 2) Navier-Stokes Probleminin Tanımı, Bilimsel Görüşler ve Diferansiyel Akış Analizi (OAP = 3.18 ± 1.00, OKAD = %79)</b>
<b>Bölüm 2.1) Navier-Stokes Probleminin Tanıtılması ve Mesleki Açından Önemi (OAP = 3.33 ± 0.90, OKAD = %83)</b>

**Genel Değerlendirme (Soru 31–Soru 35):** Öğrencilerin %78’i Navier-Stokes denklemlerinin çözümlerinin mühendislik ve bilimde devrim yaratacağını, %82’si ise daha doğru akış simülasyonları sağlayacağını belirtmiştir. Katılımcıların %24’ü bu konudaki eğitimin derinleşmesi gerektiğini belirtirken, %48’i daha fazla uygulamaya ihtiyaç duyulduğunu ifade etmiştir. Sonuç olarak, %82’si ise bu denklemlerin Akışkanlar Mekaniği mühendisleri için mutlaka bilinmesi gereken bir konu olduğunu vurgulamıştır.

Bölüm 2.2) Lagrange, Newton, Euler, Reynolds ve Gauss’un Bakış Açıları (OAP =  $3.45 \pm 0.85$ , OKAD = %86)

**Genel Değerlendirme (Soru 37–Soru 41):** Öğrencilerin %78’i Lagrange, Newton, Euler, Reynolds ve Gauss’un bilimsel katkıları hakkında sunulan bilgilerin meslekleriyle ilgili mühendislik çalışmalarında faydalı olduğunu savunmuştur. %70’i bu bilim insanlarının bakış açılarını öğrenmenin mesleki kariyer gelişimine katkı sağladığını belirtmiştir. Katılımcıların %48’i bu bilim insanlarının teorilerini uygulamanın meslek alanlarında kısmen faydalı katkılar sağlayabileceğini, %42’si belirli problemlerin çözülmesinde yardımcı olabileceğini, %52’si de bu teorilerin hala geçerliliğini koruduğunu ve mühendislik uygulamalarında temel bir rol oynadığını belirtmiştir.

Bölüm 2.3) Kontrol Hacmi (CV) ve Kontrol Yüzeyi (CS) Kavramları (OAP =  $3.19 \pm 1.03$ , OKAD = %80)

**Genel Değerlendirme (Soru 43–Soru 47):** Katılımcıların %68’i, kontrol hacmi ve kontrol yüzeyi kavramlarının mühendislik hesaplamalarında önemli bir rol oynadığını vurgulamıştır. %58’i bu kavramları diğer mühendislik derslerinde bazen kullandıklarını ifade ederken, %52’si ise öğrenmenin mühendislik alanındaki işlerini kolaylaştırdığını söylemiştir. Öğrencilerin %58’i bu kavramların hem teorik hem de pratik çalışmalarda geçerli olduğunu düşünürken, %34’ü bu konulara genel mühendislik eğitiminde daha kapsamlı bir şekilde değinilmesi gerektiğini savunmuştur.

Bölüm 2.4) Reynolds Transport Teoremi (OAP =  $2.97 \pm 1.01$ , OKAD = %74)

**Genel Değerlendirme (Soru 49–Soru 53):** Öğrencilerin %66’sı Reynolds Transport Teoremi’ni ilk kez Akışkanlar Mekaniği dersinde gördüğünü belirtmiştir. %60’ı bu teoremin mühendislik uygulamalarında faydalı olduğunu, %44’ü ise öğrenilmesinin mühendislik kariyerinde ilerlemeye yardımcı olduğunu ifade etmiştir. Katılımcıların %54’ü Reynolds Transport Teoremi’nin Akışkanlar Mekaniği dışında başka mühendislik disiplinlerinde de kullanılabileceğini, %48’i de mevcut düzeyde yeterli olduğunu düşünmüştür.

Bölüm 2.5) Diverjans Teoremi (OAP =  $2.95 \pm 1.11$ , OKAD = %74)

**Genel Değerlendirme (Soru 55–Soru 59):** Anket sonuçlarına göre, öğrencilerin çoğu (%80) Diverjans Teoremi’ni ilk kez Akışkanlar Mekaniği dersinde öğrenmiştir. Katılımcıların %72’si teoremin mühendislik problemlerinde oldukça faydalı olduğunu, %44’ü bu dersin dışında başka alanlarda da kullanılabileceğini belirtmiştir. Öğrencilerin %48’i Diverjans Teoremi’nin mühendislik eğitiminde kısmen yeterli olduğunu ve örneklerle desteklenmesinin faydalı olabileceğini, %52’si ise teoremin mühendislik uygulamalarında daha yaygın bir şekilde kullanılması konusunda kararsız kalmıştır.

### Çizelge 7. Bölüm 3’e Ait Alt Bölümler İçin Kapalı Uçlu Soruların Analizi

**Bölüm 3) Kütleli Korunumu, Momentumun Korunumu ve Stres Tensörü (OAP =  $2.87 \pm 0.98$ , OKAD = %72)**

Bölüm 3.1) Kütle Yoğunluğu, Momentum Yoğunluğu ve Akı Kavramları (OAP =  $3.31 \pm 0.75$ , OKAD = %83)

**Genel Değerlendirme (Soru 61–Soru 65):** Öğrencilerin %62’si, kütle yoğunluğunun fiziksel anlamını kavradığını belirtmiştir. Katılımcıların %46’sı momentum yoğunluğunun birim hacimdeki momentum miktarını ifade ettiğini anladığını, %44’ü de akı kavramını derslerde anladığını

belirtmiştir. Öğrencilerin %50'si kavramları anlamak için uygulamalı örneklerin daha faydalı olduğu, %32'si ise bu kavramların gerçek dünyadaki uygulamalarını kolayca anladığını konusunda geri bildirim yapmıştır.
Bölüm 3.2) Kütle Yoğunluğu için Hacimsel İntegralin ve Yüzey İntegralinin Yazılması (OAP = 2.68 ± 0.88, OKAD = %67)
<b>Genel Değerlendirme (Soru 67–Soru 71):</b> Öğrencilerin %44'ü, kütle yoğunluğu için hacimsel ve yüzey integrallerinin yazılmasında hacimsel ve yüzey integrallerinin farklarını anlamada zorluk yaşadığını belirtmiştir. Katılımcıların %46'sı genelde parametreleri tanıyıp anlayabildiğini, ancak bazen karışıklık yaşadığını ifade etmiştir. Öğrencilerin %44'ü integralleri genel hatlarıyla yazabildiğini, ancak bazı detayları hatırlamakta zorlandığını söylemiştir. Katılımcıların %40'ı bu kavramları derste ilk kez gördüğünü belirtirken, %36'sı kavramları tam olarak ilişkilendirmekte zorlandığını ifade etmiştir.
Bölüm 3.3) Momentum Yoğunluğu için Hacimsel İntegralin ve Yüzey İntegralinin Yazılması (OAP = 2.64 ± 0.95, OKAD = %66)
<b>Genel Değerlendirme (Soru 73–Soru 77):</b> Öğrencilerin %48'i momentum yoğunluğu integrallerini yazarken başlangıçta zorlandığını belirtmiştir. Katılımcıların %50'si parametreleri çoğunlukla anlayabildiğini, ancak bazen karıştığını ifade etmiştir. %44'ü integralleri genel hatlarıyla yazabildiğini, ancak detayları hatırlamakta zorlandığını söylemiştir. Katılımcıların %44'ü kavramları derste ilk kez gördüğünü belirtirken, %26'sı kütle ve momentum yoğunluğu integralleri arasındaki farkları anlamakta konusunda karışıklık yaşadığını belirtmiştir.
Bölüm 3.4) Maddesel Türeve Yönelik Komütatif Benzerliklerin Analiz Edilmesi (OAP = 2.47 ± 1.08, OKAD = %62)
<b>Genel Değerlendirme (Soru 79–Soru 83):</b> Öğrencilerin çoğu (%68) komütatif benzerlikleri ilk kez bu derste öğrendikleri konusunda geri bildirim yapmıştır. Katılımcıların %34'ü komütatiflik kavramını anlamakta zorlandığını belirtirken, %38'i türev operatörü hesaplamalarını çoğunlukla anladığını ifade etmiştir. Katılımcıların %38'i yoğunluk işlemlerini daha kolay bulurken, %54'ü komütatiflik işlemlerinin önemli olduğunu, ancak daha fazla pratik yapması gerektiğini belirtmiştir.
Bölüm 3.5) Stres Tensörünün Bileşenleri ve Matris Formundaki Matematiksel Açılımlar (OAP = 3.26 ± 0.90, OKAD = %82)
<b>Genel Değerlendirme (Soru 85–Soru 89):</b> Öğrencilerin %44'ü stres tensörünün bileşenlerini yazabilme konusunda iyi bir anlayışa sahip olduğunu belirtmiştir. Katılımcıların %52'si normal ve kesme stres bileşenlerini kolayca ayırt edebildiğini ifade etmiştir. %44'ü matematiksel açılımların konuyu anlamaya katkı sağladığını ve yüzey-yön bilgisinin etkilerini rahatça anlayabildiğini, %46'sı ise bileşenlerin fiziksel anlamını kolaylıkla kavradığını belirtmiştir.

#### Çizelge 8. Bölüm 4'e Ait Alt Bölümler İçin Kapalı Uçlu Soruların Analizi

<b>Bölüm 4) Navier-Stokes Denkleminin Genel Formu ve Akışkanlar Mekaniği Eğitimi (OAP = 3.11 ± 0.86, OKAD = %78)</b>
Bölüm 4.1) Navier-Stokes Denkleminin Fiziksel Özellikleri (Akışkanın Gerçek Davranışı ile İlgili Gözlemler ve Mekanik Yasalar) (OAP = 3.11 ± 0.86, OKAD = %78)
<b>Genel Değerlendirme (Soru 91–Soru 95):</b> Öğrencilerin %48'i Navier-Stokes denkleminin fiziksel anlamını genel olarak anlayabildiğini belirtirken, %40'ı çoğu terimi açıklayabildiğini ifade etmiştir. Katılımcıların %36'sı konuyu önemli bulurken, %42'si Akışkanlar Mekaniği anlayışında temel kavramlar eksik kalsa da bir gelişme olduğunu söylemiştir. %28'i ise fiziksel anlamı öğrenmenin uygulamalara dair farkındalığını artırdığını belirtmiştir.
Bölüm 4.2) Navier-Stokes Denkleminin Matematiksel Özellikleri (Akışkanın Davranışının Modeli ve Çözüm Teknikleri) (OAP = 2.76 ± 0.81, OKAD = %69)

**Genel Değerlendirme (Soru 97–Soru 101):** Öğrencilerin %54’ü Navier-Stokes’in matematiksel formülasyonunu çoğunlukla anladığını, %44’ü terimleri açıklamakta zorlanabileceğini belirtmiştir. %26’sı matematiksel öğrenimi oldukça önemli bulurken, %40’ı akışkanlar mekaniği anlayışının etkilendiğini, %50’si ise matematiksel kavramların mühendislik uygulamalarıyla ilişkilendirilmelerine yardımcı olduğunu ifade etmiştir.

Bölüm 4.3) Denklemin Genel Formundan Euler ve Bernoulli Denklemlerinin Elde Edilmesi (OAP =  $3.16 \pm 0.91$ , OKAD = %79)

**Genel Değerlendirme (Soru 103–Soru 107):** Öğrencilerin %42’si Navier-Stokes’tan Euler ve Bernoulli türetmelerini genel olarak anladığını belirtirken, %40’ı Euler denkleminde sıkıştırılamazlık ve irrotasyonel olma şartını bazı detaylar eksik olsa da kavradığını ifade etmiştir. %46’sı Navier-Stokes ve Euler denklemlerinin pratik bağlantısında zorlanmıştır. %40’ı Euler ve Bernoulli türetmelerini ilginç bulurken, %42’si akışkanlar mekaniği anlayışına katkı sağladığı konusunda görüş bildirmiştir.

Bölüm 4.4) Navier-Stokes Denklemi ile İlgili Sınıf İçi Uygulamalar (OAP =  $3.27 \pm 0.80$ , OKAD = %82)

**Genel Değerlendirme (Soru 109–Soru 113):** Öğrencilerin %50’si temel bilgiye dayalı soruların konuyu pekiştirdiğini, %58’i tanım odaklı soruların kavramayı kolaylaştırdığını belirtmiştir. %44’ü sınıf içi uygulamaların gerçek dünya bağlantısı kurmalarına yardımcı olduğunu düşünürken, %58’i ise örnek soruların konunun akılda kalıcılığını artırdığını belirtmiştir. %48’i ise zorlukların konuyu daha dikkatli incelemelerini sağladığını, ancak bazen motivasyonlarını zorladığını bildirmiştir

Bölüm 4.5) Çevre Mühendisliği Öğrencisinin Gözünden Akışkanlar Mekaniği Eğitimi (OAP =  $3.54 \pm 0.57$ , OKAD = %89)

**Genel Değerlendirme (Soru 115–Soru 119):** Öğrencilerin %56’sı Akışkanlar Mekaniği dersinde öğrendiği konuları Çevre Mühendisliği alanındaki pratik çalışmalarla ilişkilendirebildiğini, %76’sı ise dersindeki öğretim yöntemlerinin öğrenmelerini çok etkili kıldığını vurgulamıştır. Katılımcıların %62’si Akışkanlar Mekaniği konularının Çevre Mühendisliği alanındaki güncel teknolojilere çok katkı sağladığını belirtirken, %52’si de bu dersin Çevre Mühendisliği alanındaki diğer derslerle güçlü bir entegrasyona sahip olduğunu değerlendirmiştir. Son olarak, %68’i Akışkanlar Mekaniği dersini metaforik olarak başlangıçta karmaşık bir ormanda kaybolmuş hissetmelerine rağmen işaretler ve yollar bularak ilerlemeye benzetmiştir.

### 3.2. Öğrenci Geri Bildirimleri: Açık Uçlu Soruların Analizi

Navier-Stokes denklemleri konusundaki çalışmanın açık uçlu sorularına ilişkin genel değerlendirmeler, anketin alt bölümleri için Çizelgeler 9–12’de yer almaktadır. Ayrıca, bu sorulardan özellikle dikkat çeken ve bilimsel açıdan öne çıkan bazı öğrenci yanıtları (Microsoft Forms platformunun “Yanıtlara Genel Bakış” ekranındaki orijinal metnin içeriğini değiştirmeden), ilgili çizelgelerdeki genel değerlendirmelerin ardından örnek olarak sunulmuştur. Bu bağlamda, açık uçlu sorulara verilen yanıtların öğrenci perspektifine göre yorumlanması ve değerlendirmelerin geçerliliğinin somut bir örnekle desteklenmesi amaçlanmıştır.

#### Çizelge 9. Bölüm 1’e Ait Alt Bölümlerdeki Açık Uçlu Soruların Analizi

##### **Bölüm 1) Temel Matematiksel Kavramların Tanıtılması**

Bölüm 1.1) Skaler, Vektör, Matris, Tensör Kavramları

**Genel Değerlendirme (Soru 6):** Açık uçlu yanıtlarından genel bir görüş çıkarıldığında, öğrencilerin en büyük güçlüğü, skaler, vektör, matris ve tensör kavramları arasındaki farkları ayırt etmek ve bu

kavramların matematiksel işlemlerle nasıl kullanılacağını anlamakta yaşadıkları belirsizliktir. Özellikle tensör kavramı ve kavramlar arasındaki çarpımların (örneğin nokta çarpım gibi) doğru şekilde yapılması, çoğu öğrenci için en karmaşık konu olmuştur.

**Örnek Yanıt:** “Benim için öğrenmesi en zor kavram tensör kavramı oldu. Bunun sebebi de aslında diğer üç kavramı (skaler, vektör ve matris) içinde barındırması ve çok boyutlu bir kavram olması.”

Bölüm 1.2) Nabla, Gradyan, Diverjans, Rotasyonel ve Laplasyen Kavramları

**Genel Değerlendirme (Soru 12):** Öğrenciler, gradyan, diverjans, rotasyonel ve Laplasyen kavramları arasında en ilginç buldukları konuyu genellikle bu kavramların fiziksel dünyaya yansımaları ve anlamlı kullanım alanlarıyla ilişkilendirmiştir. Özellikle diverjans ve rotasyonel kavramları, akışkan dinamiği ve vektör alanlarının döngüselligi gibi somut örneklerle ilgi uyandırırken, Laplasyen ise daha karmaşık yapısı ve farklı kavramları birleştirmesiyle dikkat çekmiştir.

**Örnek Yanıt:** “Gradyan en ilginç çünkü bir fonksiyonun hangi yönde en hızlı değiştiğini gösteriyor, bu da günlük yaşamda bir dağa tırmanırken en dik yolun hangi yön olduğunu bulmaya benziyor.”

Bölüm 1.3) Maddesel Türev, Kısmi Türev, Konvektif Transport Operatörü, Jakobiyen Matrisi Kavramları

**Genel Değerlendirme (Soru 18):** Öğrenciler, maddesel türev, kısmi türev, konvektif transport operatörü ve Jakobiyen matrisi gibi kavramları öğrenmenin başlangıçta karmaşık ve zorlayıcı olduğunu ancak zamanla bu kavramların mühendislik uygulamaları ve fiziksel süreçlerle ilişkilendirildiğinde daha anlaşılır olduğunu belirtmişlerdir. Bu kavramlar, öğrencilerin mühendislik problemlerini daha iyi anlamalarına ve gerçek dünyadaki dinamik sistemleri modellemelerine katkı sağlamıştır.

**Örnek Yanıt:** “Bu kavramları öğrenmek, özellikle maddesel türev ve konvektif transport operatörünün fiziksel süreçleri modellemedeki rolünü kavradığımda, soyut matematiksel ifadelerin gerçek dünyadaki dinamik sistemlerle nasıl ilişkilendirildiğini görmek açısından oldukça aydınlatıcı ve keyifli bir deneyim oldu.”

Bölüm 1.4) Nokta Çarpımı, Hadamard Çarpımı ve Dyadik Çarpım Kavramları

**Genel Değerlendirme (Soru 24):** Çoğu öğrenci, nokta çarpımı, Hadamard çarpımı ve Dyadik çarpım kavramlarının mühendislik problemlerine nasıl uygulanabileceği konusunda net bir fikir edinmemiştir. Ancak, bu kavramların özellikle Akışkanlar Mekaniği, gerilme analizleri ve matematiksel modelleme gibi alanlarda kullanılabileceği ve bu kavramların mühendislik hesaplamalarına katkı sağlayabileceği düşünülmektedir.

**Örnek Yanıt:** “Derste konuşulan konulardan yola çıkarak ve ilgi çekici bir konu olması sebebiyle bu konu üzerinde düşünüp araştırma yaptım. Bu araştırmalar sonucunda nokta çarpımın fizikteki iş enerji hesaplamalarında, dyadik çarpımın elektromanyetik hesaplamalarda ve hadamard çarpımının da makine öğrenimi ve veri analizi alanlarında kullanılabileceğini fark ettim.”

Bölüm 1.5) Türev Operatörü İşlemleri

**Genel Değerlendirme (Soru 30):** Çoğu öğrenci, türev operatörlerini daha rahat öğrenebilmek için görsel materyaller, uygulamalı örnekler ve simülasyonlar ile desteklenen eğitim yöntemlerini tercih etmektedir. Ayrıca, sık tekrar ve çeşitli soru çözümü ile konunun pekiştirilmesinin faydalı olacağı düşünülmektedir.

**Örnek Yanıt:** “Hepsi için mümkün olmayabilir ama gradyan, diverjans ve rotasyonel gibi anlaşılması nispeten kolay olan terimleri bilimsel kavramlara fazla değinmeden maddesel ortamda olan örneklerle açıklamaya çalıştım. Örneğin rotasyonel kavramına örnek olarak hem bir nokta çevresinde dönen hem de kendi çevresinde dönen bir elektronun hareketi rotasyonel harekete örnekse kendi çevresinde dönmeyip yalnızca kendisini savuran kişi çevresinde hep aynı yüzü görecek şekilde havada döndürülen ipe bağlı bir topun kendi çevresinde dönmediği için rotational flow yapmadığını ve topun

yalnızca irrotational flow yaptığını ya da en azından gereken iki şarttan birini sağlamadığı için rotasyonel hareketi yapmadığını düşünürdüm. Benzer örnekleri gradyan ve diverjans kavramları için de bulmaya çalışır ardından matematiksel açıklamaları dikkate alırdım.”

### Çizelge 10. Bölüm 2’ye Ait Alt Bölümlerdeki Açık Uçlu Soruların Analizi

<b>Bölüm 2) Navier-Stokes Probleminin Tanımı, Bilimsel Görüşler ve Diferansiyel Akış Analizi</b>
<b>Bölüm 2.1) Navier-Stokes Probleminin Tanıtılması ve Mesleki Açısından Önemi</b>
<b>Genel Değerlendirme (Soru 36):</b> Navier-Stokes problemini öğrenmek, öğrenciler için genellikle zorlayıcı ancak derin ve etkili bir deneyim olmuştur. Diğer konulardan daha karmaşık ve soyut olan bu konu, mühendislik eğitimi açısından önemli bir vizyon kazandırmış, öğrencilerin problem çözme becerilerini geliştirmiş ve mühendislik anlayışlarını derinleştirmiştir.
<b>Örnek Yanıt:</b> “Navier-Stokes problemini öğrenmek, akışkanların karmaşık davranışlarını matematiksel olarak modellemenin gücünü ve zorluklarını anlamamı sağladığı için oldukça derin bir etki bıraktı; diğer konulara kıyasla daha fazla analitik düşünme ve sabır gerektirerek mühendislik problemlerine yaklaşımımı önemli ölçüde şekillendirdi.”
<b>Bölüm 2.2) Lagrange, Newton, Euler, Reynolds ve Gauss’un Bakış Açıları</b>
<b>Genel Değerlendirme (Soru 42):</b> Öğrencilerin yanıtları, mühendislik düşünme sürecinde farklı bilim insanların katkılarının birikimli ve çok boyutlu bir anlayışa yol açtığını, bu sayede problemlere çeşitli bakış açılarıyla yaklaşmanın ve geçmiş bilgi birikiminden yararlanmanın mühendislik pratiğini geliştirdiğini ortaya koymuştur. Ayrıca, her bir bilim insanının fikirlerinin, mühendislikte daha analitik ve sistematik bir yaklaşım geliştirilmesine olanak tanıdığı vurgulanmıştır.
<b>Örnek Yanıt:</b> “Her bilim insanının bir önceki eksik kalmış bilim insanının fikrine saygı duyarak geliştirmiş olması bilim adına yapılmış en büyük şeydir. Bir gerçek hayat probleminin nasıl çözüldüğünü anlamak için bilim insanların fikirlerini öğrenmenin mühendislik için çok değerli olduğunu düşünüyorum.”
<b>Bölüm 2.3) Kontrol Hacmi (CV) ve Kontrol Yüzeyi (CS) Kavramları</b>
<b>Genel Değerlendirme (Soru 48):</b>
<b>Örnek Yanıt:</b> “Üç boyutlu modeller ve fiziksel materyallerin etkili kullanımı ile bu kavramların ne olduğu, bu kavramlar ve etkileşimde oldukları ortam ve diğer değişkenlerin değişmesi durumunda gerçek hayatta karşılaştığımız problemlerde ve uygulamalarda nasıl bir etkisi olduğu daha anlaşılır kılınabilir. Böylece son derece teorik ve soyut gelen bu kavramları tekrar teorik çalışmalar yapmamız gerektiğinde somut, gerçek hayatta karşılığı olan değerli bilgilere dönüştürebiliriz.”
<b>Bölüm 2.4) Reynolds Transport Teoremi</b>
<b>Genel Değerlendirme (Soru 54):</b> Reynolds Transport Teoremi’nin öğrenilmesinde en çok zorlanılan noktaların, soyut kavramların anlaşılmasındaki güçlükler, denklemlerin karışıklığı ve terimler arasındaki bağlantıların netleşmemesi olduğu ifade edilmiştir. Zorlukları aşmak için görsel desteklerin, somut mühendislik uygulamalarının ve daha fazla örnek çözümünün faydalı olacağı vurgulanmıştır.
<b>Örnek Yanıt:</b> “Reynolds Transport Teoremi’ni öğrenirken, kontrol hacmi ile maddesel türev arasındaki ilişkiyi doğru kavramakta zorlandım; bu zorluğu aşmak için, zamana bağlı hacim değişimlerini görsel olarak açıklayan animasyonlar ve somut mühendislik uygulamalarıyla bağlantı kuran örnekler faydalı olabilir.”
<b>Bölüm 2.5) Diverjans Teoremi</b>
<b>Genel Değerlendirme (Soru 60):</b> “Diverjans Teoremi’nin en zorlayıcı yönü genellikle matematiksel ifadelerin ve integrallerin anlaşılması, özellikle yüzey ve hacim integralleri arasındaki geçişlerin fiziksel anlamının kavranması olarak belirtilmiştir. Bu zorlukların aşılması için daha fazla somut



örnek, görsel açıklamalar ve matematiksel işlemlerin dikkatlice incelenmesi gerektiği vurgulanmıştır.”

**Örnek Yanıt:** “Diverjans Teoremi’nin en zorlayıcı yönü, yüzey integralleri ile hacim integralleri arasındaki geçişin fiziksel anlamını kavramaktır; bu teoremi daha iyi anlamak için, akışkanların bir hacimden çıkışını görselleştiren dinamik 3D simülasyonlar ve fiziksel yorumlara odaklanılabilir.”

### Çizelge 11. Bölüm 3’e Ait Alt Bölümlerdeki Açık Uçlu Soruların Analizi

<b>Bölüm 3) Kütle Korunumu, Momentumun Korunumu ve Stres Tensörü</b>
Bölüm 3.1) Kütle Yoğunluğu, Momentum Yoğunluğu ve Akı Kavramları
<b>Genel Değerlendirme (Soru 66):</b> Kütle yoğunluğu, momentum yoğunluğu ve akı gibi kavramların öğrenilmesi, akışkanların dinamik davranışlarını daha derinlemesine anlamaya yardımcı olduğu vurgulanmıştır. Bu kavramlar, akışkanların hareketlerini sadece hız ve basınçla değil, aynı zamanda kütle ve enerji taşınımıyla şekillendiğini ortaya koymuş, akışkanların daha sistematik bir şekilde analiz edilmesini sağlamıştır.
<b>Örnek Yanıt:</b> “Kütle yoğunluğu, momentum yoğunluğu ve akı kavramları, bir akışkanın makroskopik davranışlarını mikro düzeydeki özelliklerle ilişkilendirme yeteneği kazandırdı. Bu sayede, akışkanların hareketlerini hem enerji hem de madde taşınımı bağlamında daha sistematik bir şekilde analiz etme bakış açısına ulaştım.”
Bölüm 3.2) Kütle Yoğunluğu için Hacimsel İntegralin ve Yüzey İntegralinin Yazılması
<b>Genel Değerlendirme (Soru 72):</b> Yapılan değerlendirmelere göre, kütle yoğunluğu için hacimsel ve yüzey integrallerinin öğrenilmesinin, akışkanlar dinamiği ve mühendislik uygulamalarında, özellikle sistemlerin kütle taşınımını ve akış davranışlarını daha kapsamlı bir şekilde modelleme yeteneği kazandırdığı vurgulanmıştır. Ayrıca, bu kavramların mühendislik tasarımlarında ve analizlerde doğru ve etkili bir şekilde kullanılabilmesi için, farklı bakış açıları kazandırdığı ifade edilmiştir.
<b>Örnek Yanıt:</b> “Kütle yoğunluğunun hacimsel ve yüzey integralleriyle ifade edilmesi, bir akışkanın kütle koronumu prensibini hem yerel hem de global ölçekte anlamamı ve bu prensibi mühendislik sistemlerinde hassas tasarımlar için uygulayabilmemi sağladı.”
Bölüm 3.3) Momentum Yoğunluğu için Hacimsel İntegralin ve Yüzey İntegralinin Yazılması
<b>Genel Değerlendirme (Soru 78):</b> Çoğu katılımcı, momentum yoğunluğu ile ilgili hacimsel ve yüzey integrallerine hâkim olabilmek için, teorik bilginin yanı sıra bol miktarda pratik çözüm ve örnek çalışmalarının gerektiğini belirtmiş, bu sayede kavramların somutlaştırılabileceğini ifade etmiştir. Ayrıca, bu integrallerin mühendislik problemlerine uygulanması gerektiği vurgulanmıştır.
<b>Örnek Yanıt:</b> “Momentum yoğunluğuyla ilgili hacimsel ve yüzey integrallerine tam hâkim olabilmek için öncelikle temel matematiksel kavramları (vektör analizi ve integral hesap) güçlendirmeli ardından bu bilgileri gerçekçi mühendislik problemlerine uygulayan örnekler üzerinde düzenli olarak pratik yapmalıdır.”
Bölüm 3.4) Maddesel Türeve Yönelik Komütatif Benzerliklerin Analiz Edilmesi
<b>Genel Değerlendirme (Soru 84):</b> Maddesel türev ve komütatif benzerliklerin etkili bir şekilde öğrenilmesi için teorik bilgi ile birlikte görselleştirme ve pratik uygulamalara dayalı öğrenme yöntemlerinin benimsenmesi gerektiği ifade edilmiştir. Özellikle akışkan dinamiği simülasyonları ve örnek çözümü ile bu kavramların daha somutlaştırılmasının, anlamayı kolaylaştıracağı vurgulanmıştır.
<b>Örnek Yanıt:</b> “Akışkanların hareketini ve maddesel türevin etkisini anlamak için yazılımlar (örneğin, CFD araçları) kullanarak akış simülasyonları oluşturabilir. Akış alanındaki sıcaklık, hız veya yoğunluk değişimlerini 3D modelleme araçlarıyla izlemek, türevlerin fiziksel anlamını görselleştirir.”
Bölüm 3.5) Stres Tensörünün Bileşenleri ve Matris Formundaki Matematiksel Açılımlar

**Genel Değerlendirme (Soru 90):** Stres tensörünün bileşenleriyle ilgili matematiksel açılımlar sırasında, özellikle farklı yönlerdeki gerilmeler ve kaymaların bir araya gelerek toplam stres durumunu oluşturması önemli bir kavrayış olarak öne çıkmıştır. Bunun yanı sıra, stres tensörünün hem izotropik hem de anizotropik bileşenleri barındırması ve Laplasyen operatörünün açılımı da katılımcılar tarafından dikkat çekici bulunmuştur.

**Örnek Yanıt:** “Stres tensörünün bileşenlerini açtığımızda Navier Stokes denklemindeki laplacian operatörünün nereden geldiğini görmek benim için en ilginç kısmıydı.”

#### **Çizelge 12. Bölüm 4’e Ait Alt Bölümlerdeki Açık Uçlu Soruların Analizi**

##### **Bölüm 4) Navier-Stokes Denklemine Genel Formu ve Akışkanlar Mekaniği Eğitimi**

Bölüm 4.1) Navier-Stokes Denklemine Fiziksel Özellikleri (Akışkanın Gerçek Davranışı ile İlgili Gözlemler ve Mekanik Yasalar)

**Genel Değerlendirme (Soru 96):** Navier-Stokes denkleminin fiziksel anlamını kavramada katılımcılar genellikle viskozite terimi ve onun akışkan dinamiğindeki etkilerini anlamakta zorluk yaşamışlardır. Ayrıca, momentum yoğunluğu, diverjans, gradyan gibi matematiksel terimlerin soyut yapısı, katılımcıların anlamada güçlük çektikleri diğer önemli kavramlar olarak öne çıkmıştır. Bu bulgular, fiziksel ve matematiksel açıdan karmaşık olan bu denklemin öğelerini anlamının, özellikle terimlerin birbirleriyle ilişkilerini kavramada başlangıçta zorlu bir süreç olabileceğini ortaya koymuştur.

**Örnek Yanıt:** “Navier-Stokes denkleminin fiziksel anlamını anlamada en zorlayıcı kısım, “viskozite” teriminin akışkanın hareketi üzerindeki etkisini kavramaktı, çünkü viskozitenin akışkanın hızını ve stresini nasıl etkilediğini somut bir şekilde görselleştirmek başlangıçta karmaşık görünüyordu.”

Bölüm 4.2) Navier-Stokes Denklemine Matematiksel Özellikleri (Akışkanın Davranışının Modeli ve Çözüm Teknikleri)

**Genel Değerlendirme (Soru 102):** Navier-Stokes denklemlerinde matematiksel açıdan en karmaşık hesaplamaların genellikle nonlineer terimlerin çözülmesi, özellikle hız vektörlerinin çarpımının doğru bir şekilde modellenmesi ve türev hesaplamalarındaki zorluklar olduğu ifade edilmiştir. Ayrıca, diverjans, matrisli çözümler ve konvektif terimler gibi karmaşık vektör hesaplamalarının da öğrenciler için zorluk oluşturduğu belirtilmiştir.

**Örnek Yanıt:** “Navier-Stokes denklemlerinde matematiksel açıdan en zorlayıcı ve karmaşık hesaplama, nonlineer terimlerin (hız vektörlerinin çarpımı) çözülmesi ve bu terimlerin akışa etkisini doğru bir şekilde modellemektir, çünkü bu terimler çok karmaşık etkileşimler doğuruyor ve sayısal çözümde büyük zorluklar yaratabiliyor.”

Bölüm 4.3) Denklemine Genel Formundan Euler ve Bernoulli Denklemlerinin Elde Edilmesi

**Genel Değerlendirme (Soru 108):** Navier-Stokes denkleminin genel formundan Euler ve Bernoulli denklemlerinin türetilmesinin, öğrencilere akışkanlar mekaniği kapsamında basitleştirilmiş modelleri ve idealize edilmiş akışkan davranışlarını anlamalarına yardımcı olduğu, bu süreçlerin öğrencilerin daha karmaşık akışkan dinamiği problemleri ile başa çıkmalarını sağladığı ifade edilmiştir. Ayrıca, türetilen denklemlerin fiziksel varsayımları ve uygulama alanlarını kavrayarak, öğrencilerin akışkanların farklı ortam koşullarındaki davranışlarını daha iyi anlamalarına olanak sağladığı vurgulanmıştır.

**Örnek Yanıt:** “Navier-Stokes denkleminin genel formundan Euler ve Bernoulli denklemlerinin türetilmesi, öğrencilere akışkanların farklı koşullarda nasıl sadeleşebileceğini ve ideal akışkanlar ile gerçek akışkanlar arasındaki farkları daha iyi kavrayarak, akışkan dinamiği teorilerine derinlemesine bir bakış açısı kazandırabilir.”

Bölüm 4.4) Navier-Stokes Denklemi ile İlgili Sınıf İçi Uygulamalar

**Genel Değerlendirme (Soru 114):** Navier-Stokes denklemlerine dair yapılan görüşlerde, özellikle matematiksel kavramların ve terimlerin daha ayrıntılı açıklanması gerektiği vurgulanmıştır. Katılımcılar, momentum korunumu, türbülans ve sayısal çözüm yöntemleri gibi önemli konuların daha detaylı ele alınmasının, teorinin mühendislik uygulamalarına entegrasyonunu kolaylaştıracağına dikkat çekmişlerdir.

**Örnek Yanıt:** “Navier-Stokes denklemlerini bir bütün olarak ele aldığımızda, özellikle çözümlerin sayısal yöntemlerle nasıl elde edileceği, sınır koşullarının etkileri ve turbulansın modellenmesi gibi konuların daha fazla açıklığa kavuşturulması gerektiğini düşünüyorum, çünkü bu unsurlar teoriyi pratik mühendislik uygulamalarına taşımada büyük rol oynuyor.”

Bölüm 4.5) Çevre Mühendisliği Öğrencisinin Gözünden Akışkanlar Mekaniği Eğitimi

**Genel Değerlendirme (Soru 120):** Yapılan değerlendirmelerden, öğretim üyesinin dersin içeriğini öğrencilerle eşzamanlı olarak tahtaya özenle yazması, metaforik örnekler kullanması ve anlatımını çizimlerle desteklemesi, öğrencilerin konuyu daha derinlemesine kavramalarına önemli ölçüde katkı sağladığı anlaşılmıştır. Akışkanlar Mekaniği derslerinin daha verimli ve kalıcı bir şekilde öğretilmesi için teorik bilgilerin yanı sıra görsel materyaller, uygulamalı deneyler ve gerçek yaşam örneklerinin kullanılması gerektiği vurgulanmıştır. Ayrıca, interaktif simülasyonlar ve bilgisayar destekli modellemelerle konuların daha somut bir şekilde kavranabileceği ifade edilmiştir. Öğrencilerin derse aktif katılımını teşvik etmek amacıyla bu tür pratik uygulamaların önemli bir katkı sunduğu belirtilmiştir.

**Örnek Yanıt:** “Akışkanlar Mekaniği dersinin daha iyi anlaşılabilir ve verimli bir şekilde öğretilmesi için, teorik bilgilerin yanı sıra öğrencilerin gerçek dünya problemleri üzerinde uygulamalı çalışmalar yapacağı proje tabanlı bir eğitim modeli öneriyorum; bu modelde, simülasyonlar, etkileşimli dersler ve laboratuvar deneyleriyle konuların görselleştirilmesi, öğrencilerin kavramları daha kalıcı bir şekilde öğrenmelerine yardımcı olabilir.”

### 3.3. Araştırmanın Kısıtları ve Geleceğe Yönelik Çalışmalar Önerileri

Bu öncü araştırmanın kısıtları ve geleceğe yönelik öneriler, elde edilen bulguların doğruluğunu artırmak ve dersin etkinliğini sürekli iyileştirmek amacıyla dikkate alınarak belirlenmiştir.

Bu çalışmanın bulgularını etkileyebilecek çeşitli kısıtlar aşağıda sunulmuştur:

- Anket çalışması, geleneksel anket formlarına kıyasla daha geniş bir kapsamda gerçekleştirilmiştir. Ancak bu yaklaşım, mevcut konuya ilişkin kavramsal anlama düzeylerinin daha detaylı bir şekilde analiz edilebilmesi amacıyla tercih edilmiştir. Bununla birlikte, bazı öğrencilerin anketi uzun ve zorlayıcı bulmuş olmaları nedeniyle, isteksizce ya da aceleyle yanıt vermiş olmaları mümkündür.
- Vize haftası dışında kalan yoğun 10 haftalık Akışkanlar Mekaniği eğitiminin ardından, öğrencilerin önceki bölümlere kıyasla Navier-Stokes denklemleri gibi çok daha yoğun, karmaşık ve yorucu bir konuyla 4 hafta boyunca karşılaşmaları, bazı öğrencilerin kavramsal anlayışlarını zayıflatmış veya dersin içeriğini anlamada zorluk yaşamalarına yol açmış olabilir.
- Anket sürecinin Final haftasına yakın bir dönemde gerçekleştirilmesi, öğrencilere yönelik potansiyel bir zaman baskısı oluşturmuş ve bazı katılımcıların cevaplarını aceleyle verme eğiliminde olmalarına neden olmuş olabilir.
- Fakülte kapsamında tüm dönem boyunca devam eden tadilat çalışmaları nedeniyle yaşanan yetersiz ısıtma ve gürültü gibi problemler, dersin verimli bir şekilde

yürütülmesinde zaman zaman kesintilere yol açmıştır. Bu durum, öğrencilerin dersin içeriğine odaklanmalarını zorlaştırmış ve algılarını olumsuz yönde etkilemiş olabilir.

Gelecekteki araştırmalara yönelik potansiyel geliştirme alanları ise aşağıda sunulmuştur.

- a) Yeni bir kesitsel çalışmada, anketin tek bir parça halinde uygulanmak yerine, her bölüm sonunda ayrı zaman dilimlerinde gerçekleştirilmesi daha verimli olabilir. Bu yaklaşım, konular ilerledikçe öğrencilerden alınacak geri bildirimlerin daha dinamik ve süreç odaklı bir şekilde toplanmasını sağlayabilir. Böylece, öğrencilerin dersin her aşamasındaki görüş ve düşüncelerini, sürecin her anında değerlendirerek daha derinlemesine bir analiz yapılabilir.
- b) Mevcut kesitsel analiz, dersin eksikliklerinin tespit edilmesi ve güçlü yönlerinin pekiştirilmesi açısından değerli bir adımdır. Dolayısıyla bu tür analizler, benzer şekilde diğer derslerde de uygulanarak öğrencilerin daha etkili bir şekilde anlamasını sağlamak amacıyla farklı öğretim tekniklerinin geliştirilmesine zemin hazırlayabilir.
- c) Bu öncü çalışma, ilerleyen yıllarda farklı öğrenci grupları üzerinde yapılacak kesitsel analizlerle karşılaştırılarak, Akışkanlar Mekaniği dersinin kavramsal anlama eğilimlerine dair bir veri tabanı oluşturulmasına olanak tanıyabilir. Her ne kadar bu analiz, özellikle Navier-Stokes denklemleri gibi dersin en karmaşık konularından biri olan, pek çok temel kavram ve matematiksel ifadeyi içeren bir konu üzerinden yapılmış olsa da, elde edilen bulgular dersin diğer konularındaki öğretim yöntemlerinin iyileştirilmesine katkı sağlamak için genişletilebilir. Böyle bir döngüsel analiz yaklaşımı, dersin bütünsel gelişimine önemli katkılar sağlayacaktır.

#### 4. GENEL DEĞERLENDİRME VE SONUÇLAR

Bu çalışmada, Çevre Mühendisliği eğitiminde Akışkanlar Mekaniği dersinin en kritik konularından biri olan Navier-Stokes denklemlerinin kavramsal anlaşılabilirliği incelenmiş ve öğrencilerin karşılaştıkları zorluklar belirlenmeye çalışılmıştır. Gerçekleştirilen sistematik anket çalışmasında, öğrencilerin matematiksel ve fiziksel kavramları ne düzeyde kavrayabildiklerini, hangi alanlarda eksiklik yaşadıklarını ve eğitim sürecinde hangi yöntemlerin daha etkili olduğunu analiz edilmiştir.

Araştırma bulguları, öğrencilerin soyut matematiksel ifadeleri anlamada önemli zorluklar yaşadıklarını ve bu konuların fiziksel modellerle desteklenmesinin kavramsal öğrenmeyi belirgin şekilde iyileştirdiğini göstermiştir. En düşük ortalama başarı puanlarının, diferansiyel akış analizine ilişkin karmaşık matematiksel operatörlerde gözlendiği, en yüksek puanların ise uygulamalı ve Çevre Mühendisliği perspektifinden ele alınan ders içeriğinde alındığı belirlenmiştir. Bu durum, soyut teorik bilgilerin uygulama odaklı öğretim yöntemleriyle bütüncül bir biçimde entegre edilmesinin, öğrencilerin kavramsal anlayışlarını ve problem çözme becerilerini geliştirmede kritik bir rol oynadığını açıkça ortaya koymuştur. Öğrencilerden alınan geri bildirimler, görselleştirme ve etkileşimli simülasyonlara dayalı öğrenme materyallerinin Navier-Stokes denklemlerinin fiziksel anlamının kavranmasında kritik rol oynayabileceğine işaret etmiştir. Ayrıca, öğrencilerin açık uçlu sorulara yanıtları, Akışkanlar Mekaniği eğitiminde başarı ve motivasyonu artırmak için sayısal ve teorik bilgilerin deneysel ve interaktif yaklaşımlarla bütünleştirilmesinin önemini vurgulamıştır.

Bu öncü araştırma, Navier-Stokes denklemleri gibi karmaşık mühendislik kavramlarının yalnızca matematiksel analiz yoluyla değil, aynı zamanda fiziksel anlamlarını daha derinlemesine kavrayabilmeye yönelik yöntemlerle desteklenmesi gerektiğini ortaya koymuştur. Elde edilen bulgular, mühendislik eğitiminde sayısal analizlerin yanı sıra, bu analizlerin gerçek dünya bağlamında nasıl uygulanacağını sistematik olarak ele alınmasının kritik önem taşıdığını göstermiştir. Bu doğrultuda, gelecekte hesaplamalı simülasyonların ve görsel eğitim araçlarının mühendislik pedagojisine entegrasyonunun, öğrencilerin kavramsal anlama düzeyini hangi ölçüde geliştirebileceği üzerine daha fazla araştırma yapılması gerekmektedir.

## TEŞEKKÜR

Bu çalışmanın anket kısmına katılım gösteren Yıldız Teknik Üniversitesi (YTÜ) Çevre Mühendisliği Bölümü lisans öğrencilerine değerli katkılarından dolayı teşekkür ederiz. Ayrıca, derse ait fotoğrafları sağlayan lisans öğrencileri Sude TOKLU, Avaz BAYRAMLI ve Destina Şevval TİMAŞ'a, 2024–2025 Güz Dönemi'nde verilen CEV2241 dersine ait tüm konuları özenle yazıp düzenleyen lisans öğrencisi Dilay SELÇUK'a, bu çalışmanın hazırlanmasında sağladıkları katkıları için teşekkürlerimizi sunarız.

## KAYNAKÇA

- [1] Çengel, Y.A., Cimbala, J.M. *Fluid Mechanics Fundamentals and Applications*, New York, The McGraw-Hill Companies, New York, 2006.
- [2] Huilier, D.G. Forty Years' Experience in Teaching Fluid Mechanics at Strasbourg University, *Fluids*, November, 4, 4, 2019.
- [3] Almoulki, T., Yetilmezsoy, K. MATLAB for Iteration: Hydraulic Modeling for Environmental Engineering Students, *Fluid Mechanics Research International*, March, 3, 1, 2019.
- [4] Yetilmezsoy, K., Bahramian, M., Kıyan, E. and Bahramian, M. Development of a New Practical Formula for Pipe-Sizing Problems within the Framework of a Hybrid Computational Strategy, *Journal of Irrigation and Drainage Engineering*, March, 147, 5, 2021.
- [5] Brkić, D., Stajić, Z. and Živković, M. *Sizing Pipes without Iterative Calculus: Solutions for Head Loss, Flow Discharge and Diameter*, 24th International Carpathian Control Conference, 71-76, Miskolc-Szilvásvárad, Hungary, 2023.
- [6] Yetilmezsoy, K. Superiority of the Computer-Based Approach in Solving Iterative Open Channel Hydraulic Problems, *Fluid Mechanics Research International Journal*, May, 5, 1, 2024.
- [7] Wong S.Y., Connelly R.K., Hartel R.W. Enhancing Student Learning in Food Engineering Using Computational Fluid Dynamics Simulations, *Journal of Food Science Education*, September, 9, 4, 2010.

- [8] Yetilmezsoy, K., Mungan, C.E. MATLAB Time-Based Simulations of Projectile Motion, Pendulum Oscillation, and Water Discharge, *European Journal of Physics*, September, 39, 6, 2018.
- [9] Boettcher, K.E. Behr, A.S. Using Virtual Reality for Teaching the Derivation of Conservation Laws in Fluid Mechanics, *International Journal of Engineering Pedagogy*, July, 11, 4, 2021.
- [10] Zamora, B., Kaiser, A.S. and Vicente, P.G. Improvement in Learning on Fluid Mechanics and Heat Transfer Courses Using Computational Fluid Dynamics, *International Journal of Mechanical Engineering Education*, April, 38, 2, 2010.
- [11] Yetilmezsoy, K. IMECE—Implementation of Mathematical, Experimental, and Computer-Based Education: A Special Application of Fluid Mechanics for Civil and Environmental Engineering Students, *Computer Applications in Engineering Education*, September, 25, 5, 2017.
- [12] Adair, D., Jaeger, M. An Efficient Strategy to Deliver Understanding of Both Numerical and Practical Aspects When Using Navier-Stokes Equations to Solve Fluid Mechanics Problems, *Fluids*, October, 4, 4, 2019.
- [13] Narayanan, M. *Assessment of Navier–Stokes’ Equations in a Fluid Mechanics Course*, 2011 ASEE Annual Conference & Exposition, 1-18, Vancouver, BC, Canada, 2011.
- [14] Li, X., Cheung, S.C. A Learning-Centred Computational Fluid Dynamics Course for Undergraduate Engineering Students, *International Journal of Mechanical Engineering Education*, January, 2024.
- [15] Mora-Melia, D., Gutiérrez-Bahamondes, J.H., Iglesias-Rey, P.L. and Martínez-Solano, F.J. Exploring the Synergy of Problem-Based Learning and Computational Fluid Dynamics in University Fluid Mechanics Instruction, *Computer Applications in Engineering Education*, July, 32, 6, 2024.
- [16] Durak, Z.E., Thiessen, D.B., Ajeigbe, O.J., Adesope, O.O. and Van Wie, B.J. Hands-On Fluidized Bed Classroom Implementation and Assessment, *Education for Chemical Engineers*, January, 50, 2025.

## THE ROLE OF LIFESTYLE-RELATED FACTORS, SELF-ESTEEM, AND SELF-RATED HEALTH ON PHYSICAL WELL-BEING AMONG COLLEGE STUDENTS: A CROSS-SECTIONAL STUDY

Vaiva Balciuniene

Department of Medical Technology and Dietetics

Faculty of Medicine, Kauno kolegija Higher Education Institution

[vaiva.balciuniene@kaunokolegija.lt](mailto:vaiva.balciuniene@kaunokolegija.lt)

ORCID ID <https://orcid.org/0000-0002-9986-9771>

### ABSTRACT

This study aimed to explore the role of lifestyle-related factors, self-esteem, and self-rated health on physical well-being among college students. Students were invited to participate in a quantitative study to complete the survey questionnaire at Lithuanian colleges. The final study sample included 139 (71.3%) women and 56 (28.7%) men, with a mean age of the sample  $20.81 \pm 3.51$  years. The participants completed a self-report questionnaire consisting of validated scales and questionnaires: “WHO Quality of Life-Bref” (Skevington et al., 2004), “M. Rosenberg Self-Esteem Scale” (Rosenberg, 1979), “Health Behaviour among Lithuanian Adult Population, 2014” (Grabauskas et al., 2015), “Godin-Shephard Leisure-Time Physical Activity Questionnaire” (Godin, 2011). Multiple linear regression analyses were performed for the statistical analysis. The physical well-being regression models for females and males met the eligibility criteria ( $R^2=0.311$ ,  $F=4.343$ ,  $p<0.001$ , and  $R^2=0.430$ ,  $F=2.433$ ,  $p=0.015$ , respectively). Smoking behavior and unhealthy nutritional habits negatively affected the physical well-being of female students ( $\beta= -0.179$ ,  $p<0.030$ , and  $\beta= -0.198$ ,  $p=0.015$ , respectively). Meanwhile, self-rated health and self-esteem were positively related to physical well-being for females ( $\beta=0.192$ ,  $p=0.026$ , and  $\beta=0.267$ ,  $p=0.002$ , respectively) and for males ( $\beta=0.412$ ,  $p=0.014$ , and  $\beta=0.405$ ,  $p=0.018$ , respectively). In conclusion, self-esteem and self-rated health were the strongest factors related to college students' physical well-being. Smoking and unhealthy nutritional habits negatively affected the physical well-being of young college women. These results support health prevention through health education programs that emphasize self-esteem and healthy lifestyles among young people.

**Keywords:** lifestyle, self-esteem, self-rated health, physical well-being, college students.

## BİPOLAR BOZUKLUK VE SOSYAL RİTİM TERAPİSİ

**Doç. Dr. Sevda UZUN**

Gümüşhane Üniversitesi Sağlık Bilimleri Fakültesi, Hemşirelik Bölümü, Gümüşhane/Türkiye

ORCID: 0000-0002-5954-717X

[sevdauzun50@gmail.com](mailto:sevdauzun50@gmail.com),

### ÖZET

Bipolar bozukluk, sıklıkla ilaç tedavisine uyumsuzluk, stresli yaşam olayları ve sosyal ritimlerdeki bozulmalarla ilişkili sık tekrarlamalarla karakterizedir. Sosyal ritim terapisi, sosyal ritimleri dengelemek, bipolar bozukluk hakkında psikoeğitim sağlamak ve ruh hali semptomlarıyla ilişkili kişilerarası bir sorunu çözmek için tasarlanmış kanıta dayalı bir psikoterapidir. Sosyal ritim terapisinin bipolar bozukluğu olan yetişkinlerde yapılan randomize kontrollü çalışmalarda ruh hali semptomlarını azaltmada etkili olduğu gösterilmiştir. Ayrıca ergenler ve genç yetişkinler arasında ek bir psikososyal müdahale olarak da umut vadettiği gösterilmiştir. Kesitsel çalışmalar, sosyal ritim bozulması (SRD) ile BSD arasında tutarlı bir şekilde önemli korelasyonlar bulmuştur ve uzunlamasına araştırmalar, sosyal ritim düzensizliğinin ruh hali semptomlarını tahmin ettiğini öne sürmektedir. Stresli yaşam olayları sosyal ritmi bozabilir, sosyal ritimdeki bozulmalar ise ilaç tedavisine uyumu azaltabilir. Sosyal zeitgeber'leri ve biyolojik ritimlere etkilerini ele alırken kişinin çevresi ile ilişkilerini, uyum kapasitesini de göz önüne almak gerekir. Her ne kadar uyku bireysel bir yaşantı olarak düşünülse de yatak partnerleri uykusuzluğun başlangıcında ve sürdürülmesinde oldukça etkili olabilir. Sosyal ritim terapisi yeterli psikoeğitim ve farmakoterapiye rağmen duygudurum atakları yaşamaya devam eden bipolar bozukluk hastalarında hastalığın yineleme sıklığını azaltmada önemli bir terapi stratejisi olarak kullanılabilir.

**Anahtar Kelimeler:** Bipolar bozukluk, sosyal ritim terapisi, ruh sağlığı



## BIPOLAR DISORDER AND SOCIAL RHYTHM THERAPY

### ABSTRACT

Bipolar disorder is characterised by frequent relapses, often associated with medication non-compliance, stressful life events and disturbances in social rhythms. Social rhythm therapy is an evidence-based psychotherapy designed to stabilise social rhythms, provide psychoeducation about bipolar disorder, and resolve an interpersonal problem associated with mood symptoms. Social rhythm therapy has been shown to be effective in reducing mood symptoms in randomised controlled trials in adults with bipolar disorder. It has also shown promise as an additional psychosocial intervention among adolescents and young adults. Cross-sectional studies have consistently found significant correlations between social rhythm disruption (SRD) and BSD, and longitudinal research suggests that social rhythm disorganisation predicts mood symptoms. Stressful life events can disrupt social rhythm, while disruptions in social rhythm can reduce adherence to medication. When considering social zeitgebers and their effects on biological rhythms, it is necessary to take into account the person's relations with the environment and adaptive capacity. Although sleep is considered an individual experience, bed partners can be very effective in the onset and maintenance of insomnia. Social rhythm therapy can be used as an important therapy strategy to reduce the frequency of recurrence in bipolar disorder patients who continue to experience mood episodes despite adequate psychoeducation and pharmacotherapy.

**Keywords:** Bipolar disorder, social rhythm therapy, mental health

## GİRİŞ

Bipolar bozukluk (BD) semptomları gösteren hastaların mesleki, ilişkisel ve bilişsel işlevlerde bozulma yaşama olasılığı daha yüksektir. Ayrıca semptomatik remisyon elde edildiğinde bile işlevsel bozukluk devam edebilir (Sayar ve ark., 2014; Moot ve ark., 2022). BD'de psikososyal sonuçlara ilişkin 17 çalışmanın incelenmesi, hastaların %30-60'ının semptomatik epizotların remisyonu sırasında bile işlevsel bozukluk yaşadığını bulmuştur. BD'li birçok hasta için işlevsel iyileşme semptomatik sonuçlardan daha önemlidir. Bunu fark eden BD'de akut semptom azalmasına yönelik geleneksel klinik vurgu, günlük yaşamda işlevselliğin iyileşmesine yönelik uzun vadeli odaklanmayı içerecek şekilde değişmiştir (Creowe ve ark., 2019).

BD için Kişilerarası ve Sosyal Ritim Terapisi (IPSRT) gibi psikoterapi çalışmaları, genellikle tedavinin genel işlev üzerindeki etkilerini incelemiştir. Bununla birlikte, çok azı bireysel alanlar üzerindeki etkileri incelemiştir. Örneğin, Hoberg ve arkadaşları, 2 haftalık yoğun grup IPSRT'den [Sheehan Engellilik Ölçeği (SDS) kullanılarak] sonra başlangıç seviyesinden 12 haftaya kadar BD hasta işlevinde önemli bir iyileşme bulmuş, ancak bireysel alanları incelememiştir (Hoberg ve ark., 2013).

Hlastala ve arkadaşları (2004), 20 hafta boyunca ergenler için modifiye edilmiş IPSRT'ye giren bir grup BD ergeninde Çocukların Genel Değerlendirme Ölçeği'nde (C-GAS) genel işlevde önemli iyileşmeler bulmuştur (Hlastala 1998). Steardo ve arkadaşları BD hastalarının 12 haftalık IPSRT boyunca İşlevselliğin Genel Değerlendirmesi'nde (GAF) genel işlevlerde iyileşmeler olduğunu bulmuştur (Steardo ve ark., 2020).

Frank ve arkadaşları ancak, belirli bir alandaki işlevselliği inceledi ve IPSRT alan BD hastalarının Yoğun Klinik Yönetim'e (ICM) atanana kıyasla mesleki işlevsellikte (UCLA Sosyal Başarı Ölçeği'nde ölçülen) hızlı bir başlangıç iyileşmesi gösterdiğini buldu. Ancak, bu fark 2 yıllık takipten sonra sürdürülemedi (Frank ve ark., 2019).

## SOSYAL RİTİM TERAPİSİ

Kişilerarası ve sosyal ritim terapisi (IPSRT), sosyal ritimleri dengelemek, bipolar bozukluk hakkında psikoeğitim sağlamak ve ruh hali semptomlarıyla ilişkili kişilerarası bir sorunu çözmek için tasarlanmış kanıt dayalı bir psikoterapidir. IPSRT'nin bipolar bozukluğu olan yetişkinlerde yapılan randomize kontrollü çalışmalarda ruh hali semptomlarını azaltmada etkili olduğu gösterilmiştir. Ayrıca ergenler ve genç yetişkinler arasında ek bir psikososyal müdahale olarak da umut vadettiği gösterilmiştir (Aktaş ve Dülgerler, 2024).

Sağlıklı rutinleri, özellikle uykuyu sürdürmek için davranışsal stratejiler öğretmeye odaklanan IPSRT bileşeni olan sosyal ritim terapisi (SRT), majör depresif bozukluğu ve bipolar bozukluğu olan bireyler arasında tam müdahaleden ayrı olarak test edilmiştir. Bipolar bozukluğu olan kişiler (15-35 yaş) arasında, IPSRT'nin SRT bileşeninin 5 yıldan fazla kalmada en yararlı olduğu gösterilmiştir. Bu çalışmalara ergenlerin dahil edilmesi, SRT'nin daha genç kişiler için faydalarını göstermektedir (Swartz, 2024; Bailey ve ark., 2024).

## **BİPOLAR BOZUKLUK VE SOSYAL RİTİM TERAPİSİ**

Sık tekrarlanmanın yanı sıra, bipolar hastalık ataklar arasında tam iyileşmenin olmaması ve aynı zamanda suboptimal ataklar arası işlevsellik ile karakterizedir. Bu nedenle, bipolar bozukluğu tedavi etmek yalnızca akut atakları çözme açısından değil, aynı zamanda semptomatik tekrarlamayı önleme ve hem semptom remisyonu hem de işlevselliğin yeniden sağlanması açısından ataklar arasında tam iyileşmeyi sağlama açısından da zorluklar sunar. Örneğin, iki son derece stresli ve zaman alıcı işte çalışan bipolar bozukluğu olan bir kadın, iş yükünü önemli ölçüde azaltmanın depresif semptomlarında belirgin bir azalmaya yol açtığını görebilir. Alternatif olarak, daha az zorlayıcı programının kronik yetersiz uyarılmaya ve rutin eksikliğine yol açması da mümkündür (Carta ve ark., 2023; Aktaş ve Dülgerler, 2024).

Azalan ekonomik kaynakların zorluğu ve önemli bir sosyal rolün kaybı nedeniyle düşen öz saygı ile birleştiğinde, istihdam durumundaki bu değişiklik uzun bir depresyon ve işlevsel bozulma döneminin sahnesini hazırlayabilir. Bu nedenle, bipolar bozukluğu olan hastalar için çeşitli "sosyal mühendislik" müdahalelerini değerlendirirken, klinisyenlerin hem mevcut duygusal dönemleri iyileştirme hem de yenilerini önleme gibi ikili görevlere dikkat etmeleri ve aynı zamanda hastalarını tam anlamıyla ödüllendirici bir hayat yaşamaya teşvik etmeleri son derece önemli hale gelmektedir (Walsh ve ark., 2024; Bailey ve ark., 2024).

## **SONUÇ**

Bipolar bozukluk, sıklıkla ilaç tedavisine uyumsuzluk, stresli yaşam olayları ve sosyal ritimlerdeki bozulmalarla ilişkili sık tekrarlamalarla karakterizedir. Sosyal ritim terapisi yeterli psikoeğitim ve farmakoterapiye rağmen duygudurum atakları yaşamaya devam eden bipolar bozukluk hastalarında hastalığın yinelenme sıklığını azaltmada önemli bir terapi stratejisi olarak kullanılabilir.

## **KAYNAKLAR**

Aktaş, Y., & Dülgerler, Ş. (2024). Effectiveness of interpersonal social rhythm therapy applied to individuals with bipolar disorder: A systematic review. *Journal of Psychiatric Nursing/Psikiyatri Hemsireleri Dernegi*, 15(1).

Bailey, B. C., Novick, D., Boyce, K., & Swartz, H. A. (2024). Dialectical Behavior and Social Rhythm Therapy for Comorbid Bipolar Disorder and Borderline Personality Disorder. *American Journal of Psychotherapy*, 77(1), 23-29.

Carta, M. G., Fornaro, M., Primavera, D., Nardi, A. E., & Karam, E. (2024). Dysregulation of mood, energy, and social rhythms syndrome (DYMERS): A working hypothesis. *Journal of Public Health Research*, 13(2), 22799036241248022.

Crowe, A. R., & Yue, W. (2019). Semi-quantitative determination of protein expression using immunohistochemistry staining and analysis: an integrated protocol. *Bio-protocol*, 9(24), e3465-e3465.

Frank, E., Swartz, H. A., & Kupfer, D. J. (2019). Interpersonal and social rhythm therapy: managing the chaos of bipolar disorder. *Bipolar Disorder*, 257-268.

Hoberg, E. P., & Brooks, D. R. (2013). 14 Episodic processes, invasion and faunal mosaics in evolutionary and ecological time. *The balance of nature and human impact*, 199.

Hlastala, M. P. (1998). The alcohol breath test—a review. *Journal of Applied Physiology*, 84(2), 401-408.

Sayar, G. H., Özten, E., & Ünsalver, B. Ö. (2013). Bipolar bozuklukta kişilerarası ilişkiler ve sosyal ritim terapisinin temel ilkeleri. *Psikiyatride Güncel Yaklaşımlar*, 6(4), 438-446.

Steardo, L., Steardo Jr, L., Zorec, R., & Verkhatsky, A. (2020). Neuroinfection may contribute to pathophysiology and clinical manifestations of COVID-19. *Acta Physiologica (Oxford, England)*, 229(3).

Swartz, H. A. (2024). *The Social Rhythm Therapy Workbook for Bipolar Disorder: Stabilize Your Circadian Rhythms to Reduce Stress, Manage Moods, and Prevent Future Episodes*. New Harbinger Publications.

Walsh, R. F., Klugman, J., Moriarity, D. P., Titone, M. K., Ng, T. H., Goel, N., & Alloy, L. B. (2024). Reward sensitivity and social rhythms during goal-striving: An ecological momentary assessment investigation of bipolar spectrum disorders. *Journal of Affective Disorders*, 344, 510-518.

## DEMANSTA KÖPEK DESTEKLİ TERAPİLERİN ETKİNLİĞİ

**Doç. Dr. Sevda UZUN**

Gümüşhane Üniversitesi Sağlık Bilimleri Fakültesi, Hemşirelik Bölümü, Gümüşhane/Türkiye

ORCID: 0000-0002-5954-717X

[sevdauzun50@gmail.com](mailto:sevdauzun50@gmail.com),

### ÖZET

Hayvan Destekli Tedavi, uzman kişiler tarafından özel olarak eğitilmiş hayvanın tedavi sürecine dâhil edilmesi durumu olarak tanımlanmaktadır. Hayvan destekli tedavi, tıbbi tedaviyi tamamlayıcı bir tedavi yöntemi olarak kullanılmaktadır. Günümüzde terapi amacıyla en sık kullanılan hayvanlardan biri köpeklerdir. Terapi köpeklerinde aranan başlıca özellikler uysal, sakin ve itaatkar olmaları şeklinde ifade edilebilir. Bir köpeğin terapi köpeği olması için eğitilmesi ve sertifikasyon programına tabi tutulması önemli bir koşul olarak karşımıza çıkmaktadır. Araştırmalar, terapi köpeklerinin stres, anksiyete, depresyon, otizm, demans ve travma gibi çeşitli problemleri olan hastaların sağlığını ve refahını artırmaya yardımcı olduklarını göstermektedir. Arkadaş yanlısı bir köpekle etkileşimde bulunmak, birçok fiziksel ve zihinsel zorlukta iyileşme sağlayabilmektedir. Kan basıncını düşürmeye ve genel olarak kardiyovasküler sağlığı iyileştirmeye yardımcı olabilmektedir. Ayrıca sakinleştirici bir etki yaratan endorfinleri serbest bırakabilir. Ağrıyı hafifletmeye, stresi azaltmaya ve genel olarak çocuğun psikolojik durumunu iyileştirmeye yardımcı olabilir. Köpek terapisi programlarının amaçları motor becerileri ve senkronize hareketi zenginleştirmek, destekli veya otonom hareketi güçlendirmek, öz saygıyı artırmak, sözlü iletişimi zenginleştirmek, sosyal beceri gelişimini iyileştirmek, aktivitelere katılma isteğini artırmak, başkalarıyla etkileşimleri zenginleştirmek, egzersiz yapma kararlılığını teşvik etmek gibi durumları içermektedir.

**Anahtar Kelimeler:** Demans, hayvan destekli terapiler, ruh sağlığı

## EFFECTIVENESS OF DOG-ASSISTED THERAPIES IN DEMENTIA

### ABSTRACT

Animal Assisted Treatment is defined as the inclusion of a specially trained animal in the treatment process by specialists. Animal assisted therapy is used as a complementary treatment method to medical treatment. Today, one of the most commonly used animals for therapy is dogs. The main characteristics sought in therapy dogs can be expressed as being docile, calm and obedient. In order for a dog to be a therapy dog, it is an important condition to be trained and subjected to a certification programme. Research shows that therapy dogs help to improve the health and well-being of patients with various problems such as stress, anxiety, depression, autism, dementia and trauma. Interacting with a friendly dog can improve many physical and mental difficulties. It can help to lower blood pressure and improve cardiovascular health in general. It can also release endorphins, which produce a calming effect. It can help to relieve pain, reduce stress and generally improve the psychological state of the child. The aims of canine therapy programmes include enriching motor skills and synchronised movement, strengthening assisted or autonomous movement, increasing self-esteem, enriching verbal communication, improving social skills development, increasing willingness to participate in activities, enriching interactions with others, encouraging commitment to exercise.

**Keywords:** Dementia, animal assisted therapies, mental health

## GİRİŞ

Hayvan destekli terapiler (AAT), hayvanların hastada belirli sonuçları iyileştirmek için ayrılmaz bir parça olarak katıldığı müdahaleler olarak tanımlanmaktadır. Köpek destekli terapiler (DAT), hastaların köpeklerle etkileşime girdiği bir AAT alt türüdür (Kamioka ve ark., 2014). Bu etkileşim, köpeği okşama, fırçalama, besleme, onunla oynama, onunla gezinme veya onunla konuşma gibi çeşitli aktiviteleri içermektedir. DAT, özellikle psikiyatrik rahatsızlıklar ve bunama gibi bilişsel bozukluklar olmak üzere çeşitli rahatsızlıkları olan insanlara yardımcı olmada umut verici olarak tanımlanmıştır (Lundqvist ve ark., 2017).

Hem hayvan destekli aktiviteleri (AAA'lar) hem de hayvan destekli terapiyi (AAT) içerebilen hayvan destekli müdahaleler (AAI'ler) (Society for Companion Animal Studies, 2019), mevcut tedavi programlarının bir parçası olarak amaçlı katılım ve kolay uygulama sunan tamamlayıcı bir destek yöntemi olarak tanımlanmaktadır. Çalışmalar, AAI'lerin refah üzerinde çok çeşitli faydaları olduğunu (Bernabei vd., 2013), özellikle psikososyal ve fizyolojik işleyişi iyileştirmede olduğunu göstermiştir (Allen ve ark., 2002).

Bazı çalışmalar ayrıca AAI'nin demans hastalarının bakıcıları tarafından yaygın olarak deneyimlenen stres, depresyon ve şefkat yorgunluğunu azaltmadaki faydasını vurgulamıştır (Coleman, 2016; Islam ve ark., 2017). Araştırma bulguları ayrıca AAI'nin klinik etkinliğe ek olarak iyi uygulamanın önemli bir parçası olarak bir RLTCF'de sakinler, akrabalar ve personel arasındaki bağlantıyı nasıl kolaylaştırabileceğine dair ipuçları veriyor. Bununla birlikte, RLTCF'deki araştırma ve uygulama, bakım topluluğunun hem içinde hem de dışında insanlar arasında anlamlı ilişkiler geliştirmeye yardımcı olan etkileşim ve paylaşılan etkinlik yoluyla birlikte çalışan insanları değerlendirme ve destekleme yollarını da içermelidir (Killett vd., 2013). Bakım vericiler, sevdikleri bir RLTCF'ye taşındığında bunalmış hissedebilir ve bakım sağlayıcıların onları hoş karşılanmış ve dahil hissettirmenin yollarını bulmaları gerekir (Nolan, 2001) ve hayvanları dahil etmek, insanların kimliklerini korumak için gerekli olan bu ilişkileri köprülemenin bir yoludur.

## KÖPEK DESTEKLİ MÜDAHALELER

Köpek destekli müdahaleler (DAI'ler), esas olarak köpeklerin insanlarla iyi kurulmuş duygusal bağları ve davranışsal eğitime açık olmaları nedeniyle AAI'nin en yaygın biçimlerinden biridir (Wells, 2009). Başlangıçtaki kanıt tabanına rağmen (Ernst, 2014), DAI'nin RLTCF'deki yaşlı yetişkinler üzerindeki etkisi iyi anlaşılmamıştır. Şu anda, çoğu inceleme farklı AAI türlerinden elde edilen sonuçlara ve popülasyonların dahil edilmesinde önemli bir heterojenliğe dayanmaktadır. Örneğin, 2006 ve 2018 yılları arasında birkaç büyük

AAI incelemesi yayınlanmıştır, bunlardan birkaçı özellikle RLTCF'de DAI'ye odaklanmış ve nitel çalışmaların yanı sıra nicel çalışmalardan da sonuçlarla tüm yerleşik nüfusu dahil etmiştir (Wood ve ark., 2017 ; Yakimicki ve ark., 2019). Ortamlar arasındaki önemli farklılıklar ve hayvanlar arasındaki insan etkileşiminde gözlemlenen etki göz önüne alındığında, bu incelemeler DAI'nin etkilerine özel ilgi duyan RLTCF için çok az önem taşımaktadır.

### **DEMANSTA KÖPEK DESTEKLİ TERAPİLER**

Demans, Avustralya'da yaşlılıkta engelliliğe bağlı hastalık yüküne en büyük katkıda bulunan faktördür ve 2006 yılında 65 yaş ve üzeri tahmini 190.000 Avustralyalının demansı vardı. Demansın yaygınlığı ve insidansının önümüzdeki birkaç on yılda artacağı tahmin ediliyor ve 2031 yılına kadar Avustralya'da demans hastası sayısının 465.000'e çıkacağı tahmin ediliyor. Bu, Avustralya'da bu hastalığın getirdiği yükte önemli bir artışa ve demans bakımına olan talepte önemli bir artışa neden olacağı öngörülmektedir (Perkins ve ark., 2008).

Demanslı kişilerin bakım ihtiyaçları hastalığın ilerlemesiyle birlikte artar ve Avustralya'da ileri demanslı kişilerin çoğu huzurevlerinde (RAC) yaşamaktadır. Çok sık olarak, dolaşma, ajitasyon, saldırganlık ve gürültü gibi davranışsal ve psikolojik semptomlar (BPSD) demansa eşlik eder. Ciddi semptomlar yalnızca ilgili kişiye sıkıntı vermekle ve fiziksel zarar görme riskini artırmakla kalmaz, aynı zamanda bakıcıların ve birlikte yaşayanların yaşam kalitesini olumsuz etkiler ve bakım personeline tükenmişliğe yol açar. RAC tesislerindeki sakinlerin dörtte üçü olası veya muhtemel demansa sahip olduğundan, semptomların yönetimi bakımlarının merkezinde yer almaktadır (Perkins ve ark., 2008; Travers ve ark., 2013; Zafra-Tanaka ve ark., 2019).

Ancak, demanslı kişiler için uygun aktivite yelpazesi, demansın bilişsel ve iletişim bozuklukları nedeniyle sınırlıdır ve şu anda mevcut tedavilerin etkinliği de sınırlıdır. Müzik terapisi, anımsama terapisi, aromaterapi, doğrulama terapisi, ışık terapisi, çoklu duyulu uyarım ve bilişsel terapi dahil olmak üzere semptomları tedavi etmek için bir dizi farmakolojik olmayan yaklaşım denenmiş olsa da, etkinlikleri sınırlıdır. Bugüne kadar, farmakolojik olmayan müdahalelerin birkaç randomize kontrollü çalışması (RCT) yürütülmüştür ve demans için daha etkili tedaviler geliştirmek için daha fazla araştırmaya ihtiyaç olduğu düşünülmektedir (Travers ve ark., 2013; Zafra-Tanaka ve ark., 2019).

Hayvan destekli terapi, demanslı kişilerde pro-sosyal davranışları artırma ve semptomları azaltma konusunda bazı umut verici sonuçlar göstermiştir. Nispeten yeni bir uygulama olup, Boris Levinson'ın psikoterapi uygulamasında evcil hayvanları kullandığı 1950'lerde başlamıştır. Yaşlı bakım tesislerindeki erken araştırmalar, köpek temasının yaşlı



insanlar için dokunsal rahatlık ve arkadaşlık gibi bir dizi fayda sağladığını ve ayrıca sosyal etkileşimi desteklediğini göstermektedir (Perkins ve ark., 2008; Travers ve ark., 2013; Zafra-Tanaka ve ark., 2019).

Köpek teması, olumlu bir zihinsel tutumu kolaylaştırıyor ve genel olarak bir RAC tesisinde yaşamının olumsuz etkisini azaltıyor gibi görünmektedir. Köpeklerin sözel olmayan iletişimlerinin, en iyi niyetli personel üyelerinin iletişimlerinden daha arkadaş canlısı, yargılayıcı olmayan ve sosyal davranışlara elverişli olduğu bildirilmiştir. Hayvanların, dil becerileri bozulmuş olabilecek demanslı kişilerle insanlardan daha iyi iletişim kurduğu öne sürülmüştür çünkü hayvanlar beden diline daha fazla güvenirlir (Travers ve ark., 2013; Zafra-Tanaka ve ark., 2019; Canevska ve Akgün, 2021).

## SONUÇ

Hayvan Destekli Tedavi, uzman kişiler tarafından özel olarak eğitilmiş hayvanın tedavi sürecine dâhil edilmesi durumudur. Hayvan destekli tedavi, tamamlayıcı bir tedavi yöntemi olarak karşımıza çıkmaktadır. Yapılan araştırmalar, terapi köpeklerinin demanslı hastalar için de oldukça önemli etkilerinin olduğunu göstermektedir.

## KAYNAKLAR

Allen, K., Blascovich, J., & Mendes, W. B. (2002). Cardiovascular reactivity and the presence of pets, friends, and spouses: The truth about cats and dogs. *Psychosomatic medicine*, 64(5), 727-739.

Bernabei, V., De Ronchi, D., La Ferla, T., Moretti, F., Tonelli, L., Ferrari, B., ... & Atti, A. R. (2013). Animal-assisted interventions for elderly patients affected by dementia or psychiatric disorders: A review. *Journal of psychiatric research*, 47(6), 762-773.

Canevska, O. R., & Akgün, N. R. (2021). Dogs therapy for children with motor disabilities. *OPUS International Journal of Society Researches*, 18(41), 3099-3116.

Coleman, E. A. (2016). Family caregivers as partners in care transitions: The caregiver advise record and enable act. *Journal of hospital medicine*, 11(12), 883-885.

Islam, M. S., Baker, C., Huxley, P., Russell, I. T., & Dennis, M. S. (2017). The nature, characteristics and associations of care home staff stress and wellbeing: a national survey. *BMC nursing*, 16, 1-10.

Kamioka H, Okada S, Tsutani K, Park H, Okuizumi H, Handa S, et al. Effectiveness of animal-assisted therapy: a systematic review of randomized controlled trials. *Complement Ther Med*. 2014;22(2):371–390. doi: 10.1016/j.ctim.2013.12.016. [DOI] [PubMed] [Google Scholar]

Killett, A., Bowes, A., Brooker, D., Burns, D., Kelly, F., La Fontaine, J., ... & Wilson, M. (2013). What Makes a Real Difference to Resident Experience? Digging Deep into Care Home Culture: The CHOICE (Care Home Organisations Implementing Cultures of Excellence) Research Report.

Lundqvist M, Carlsson P, Sjö Dahl R, Theodorsson E, Levin L-Å. Patient benefit of dog-assisted interventions in health care: a systematic review. *BMC Complement Altern Med.* 2017;17(1):358. doi: 10.1186/s12906-017-1844-7. [DOI] [PMC free article] [PubMed] [Google Scholar]

Nolan, M. (2001). Working with family carers: towards a partnership approach. *Reviews in Clinical Gerontology, 11*(1), 91-97.

Perkins, J., Bartlett, H., Travers, C., & Rand, J. (2008). Dog-assisted therapy for older people with dementia: A review. *Australasian journal on ageing, 27*(4), 177-182.

Travers, C., Perkins, J., Rand, J., Bartlett, H., & Morton, J. (2013). An evaluation of dog-assisted therapy for residents of aged care facilities with dementia. *Anthrozoös, 26*(2), 213-225.

Wood, W., Fields, B., Rose, M., & McLure, M. (2017). Animal-assisted therapies and dementia: A systematic mapping review using the lived environment life quality (LELQ) model. *The American Journal of Occupational Therapy, 71*(5), 7105190030p1-7105190030p10.

Yakimicki, M. L., Edwards, N. E., Richards, E., & Beck, A. M. (2019). Animal-assisted intervention and dementia: A systematic review. *Clinical nursing research, 28*(1), 9-29.

Zafra-Tanaka, J. H., Pacheco-Barrios, K., Tellez, W. A., & Taype-Rondan, A. (2019). Effects of dog-assisted therapy in adults with dementia: A systematic review and meta-analysis. *BMC psychiatry, 19*, 1-10.

**MEME VE GASTROİNTESTİNAL KANSER HASTALARINDA SOD1 GENİ  
FONKSİYONEL VARYANTLARININ (rs2234694 ve 50 bp-INS/DEL)  
ARAŞTIRILMASI**

**INVESTIGATION OF SOD1 GENE FUNCTIONAL VARIANTS (rs2234694 and 50 bp-  
INS/DEL) IN BREAST AND GASTROINTESTINAL CANCER PATIENTS**

**Doç. Dr. Başak GÜNÇER**

Department of Biophysics, Istanbul University, Istanbul Faculty of Medicine,  
[basak.varol@istanbul.edu.tr](mailto:basak.varol@istanbul.edu.tr) - 0000-0002-0597-4571

**Prof. Dr. Meral GÜNALDI**

Istanbul Aydın University Faculty of Medicine, Medicana Ataköy Hospital, Department of  
Medical Oncology, [meralgunaldi@gmail.com](mailto:meralgunaldi@gmail.com)- 0000-0002-5496-9824

**Prof. Dr. Sacide PEHLİVAN**

Department of Medical Biology, Istanbul University, Istanbul Faculty of Medicine,  
[sacide.pehliivan@istanbul.edu.tr](mailto:sacide.pehliivan@istanbul.edu.tr) - 0000-0003-1272-5845

**ÖZET**

Meme kanseri, kadınlar arasında en sık görülen kanser türüdür ve kansere bağlı ölümlerin önde gelen nedenidir. Tanımlanan meme kanseri genlerinin yanı sıra, genom çapında ilişkilendirme çalışmaları ile Meme kanseri riskiyle ilişkili 170'den fazla genetik varyant tanımlanmıştır. Gastrointestinal sistem (GİS) kanserleri ise tüm kanser türlerinin yaklaşık %20'sini oluşturur. GİS kanserleri kolon, rektum, mide, pankreas, yemek borusu, anüs, safra kesesi, karaciğer ve safra kanalı tümörlerini içermektedir. Bu kanserlerin çoğu sporadiktir. Kanser hücrelerinde, çoğunlukla mitokondri tarafından üretilen reaktif oksijen türleri (ROS) seviyeleri yükselmiştir. Süperoksit dismutaz 1 (SOD1), bakır ve çinko iyonlarını bağlar ve vücuttaki serbest süperoksit radikallerini yok etmekten sorumlu üç süperoksit dismutazdan biridir. Yapılan çalışmalar, SOD1'in kanserlerde aşırı ifade edildiğini ve SOD1 aktivitesinin hücrel ROS'u bu kritik eşik altında tutmak için gerekli olabileceğini göstermektedir. SOD1, memeli hücrelerinin sitoplazmasında, nükleer bölmelerinde ve lizozomlarında bulunur. İnsan SOD1 geni kromozom 21q2'de bulunur ve 5 ekzon ile 4 introndan oluşur. SOD1 rs2234694 varyantı intron ve ekson 3 arasındaki bağlantı noktasında bulunan tek nükleotid polimorfizmi (SNP)'dir. SOD1 rs2234694 varyantında AA genotipi SOD1 enzim aktivitesi artışıyla ve CC genotipi ise enzimatik aktivitenin azalmasıyla ilişkilendirilmiştir. SOD1 geni 50 bp Ekleme/Silme (Ins/Del) varyantı 50 bp'lik bir parçanın eklenmesi veya silinmesiyle karakterize bir fonksiyonel varyanttır. Bu fonksiyonel varyantta Del alleli varlığında gen ekspresyonu değişerek daha düşük SOD1 mRNA seviyelerine neden olur. Bu çalışmada Meme kanseri ve GİS kanserleri ile

SOD1 (rs2234694 ve 50 bp Ins/Del) fonksiyonel gen varyantlarının ilişkisinin olup olmadığının belirlenmesi amaçlanmıştır. Çalışmaya 28 Meme kanseri, 38 GİS kanseri tanısı almış hasta ile 50 sağlıklı kontrol olmak üzere toplam 116 birey dahil edilmiştir. Çalışmaya katılan tüm bireylerden toplanan periferik kanlardan izole edilen genomik DNA örneklerinde SOD1 rs2234694 varyantı PCR-RFLP yöntemi kullanılarak 50 bp Ins/Del varyantı ise PCR yöntemi ile analiz edilmiştir. Meme ve GİS kanseri hastaları ile sağlıklı kontrol grubu genotip ve allel sıklığı açısından karşılaştırıldığında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişkinin bulunmadığı saptanmıştır ( $p>0.05$ ). Çalışmamız Meme ve GİS kanserleri ile SOD1 (rs2234694 ve 50 bp Ins/Del) fonksiyonel gen varyantları ilişkisinin Türk popülasyonunda incelendiği literatürdeki ilk çalışmadır ve anlamlı bir ilişki saptanmamıştır. Ancak, daha büyük çalışma grupları ve farklı etnik kökenli hasta gruplarında yapılacak çalışmalar Meme ve GİS kanserleri ile SOD1 gen varyantlarının ilişkisinin daha ayrıntılı olarak aydınlatılmasını sağlayacaktır.

**Anahtar Kelimeler:** Meme kanseri, GİS kanseri, SOD1, PCR, DNA

## ABSTRACT

Breast cancer is the most common cancer among women and the leading cause of cancer-related death. In addition to the breast cancer genes identified, genome-wide association studies have identified more than 170 genetic variants associated with breast cancer risk. Gastrointestinal system (GIS) cancers account for approximately 20% of all cancers. GIS cancers include tumors of the colon, rectum, stomach, pancreas, esophagus, anus, gallbladder, liver, and bile duct. Most of these cancers are sporadic. Cancer cells have elevated levels of reactive oxygen species (ROS), mostly produced by the mitochondria. Superoxide dismutase 1 (SOD1) binds copper and zinc ions and is one of three superoxide dismutases responsible for scavenging free superoxide radicals in the body. Studies suggest that SOD1 is overexpressed in cancers and that SOD1 activity may be necessary to keep cellular ROS below this critical threshold. SOD1 is found in the cytoplasm, nuclear compartments, and lysosomes of mammalian cells. The human SOD1 gene is located on chromosome 21q2 and consists of 5 exons and 4 introns. The SOD1 rs2234694 variant is a single nucleotide polymorphism (SNP) located at the junction between intron and exon 3. In the SOD1 rs2234694 variant, the AA genotype was associated with increased SOD1 enzyme activity and the CC genotype with decreased enzymatic activity. The SOD1 gene 50 bp Insertion/Deletion (Ins/Del) variant is a functional variant characterized by the addition or deletion of a 50 bp segment. In this functional variant, gene expression changes in the presence of the Del allele, resulting in lower SOD1 mRNA levels. This study aimed to determine whether there is a relationship between breast and GIS cancers and SOD1 (rs2234694 and 50 bp Ins/Del) functional gene variants. A total of 116 individuals, 28 patients diagnosed with breast cancer, 38 patients diagnosed with GIS cancer and 50 healthy controls, were included in the study. In genomic DNA samples isolated from peripheral blood collected from all individuals participating in the study, SOD1 rs2234694 variant was analyzed using PCR-RFLP method and 50 bp Ins/Del variant was analyzed using PCR method. When breast and GIS cancer patients and healthy control group were compared in terms of genotype and allele

frequency, it was found that there was no statistically significant relationship ( $p>0.05$ ). Our study is the first study in the literature examining the relationship between breast and GIS cancers and SOD1 (rs2234694 and 50 bp Ins/Del) functional gene variants in the Turkish population and no significant relationship was found. However, studies conducted in larger study groups and patient groups of different ethnic origins will provide more detailed clarification of the relationship between breast and GI cancers and SOD1 gene variants.

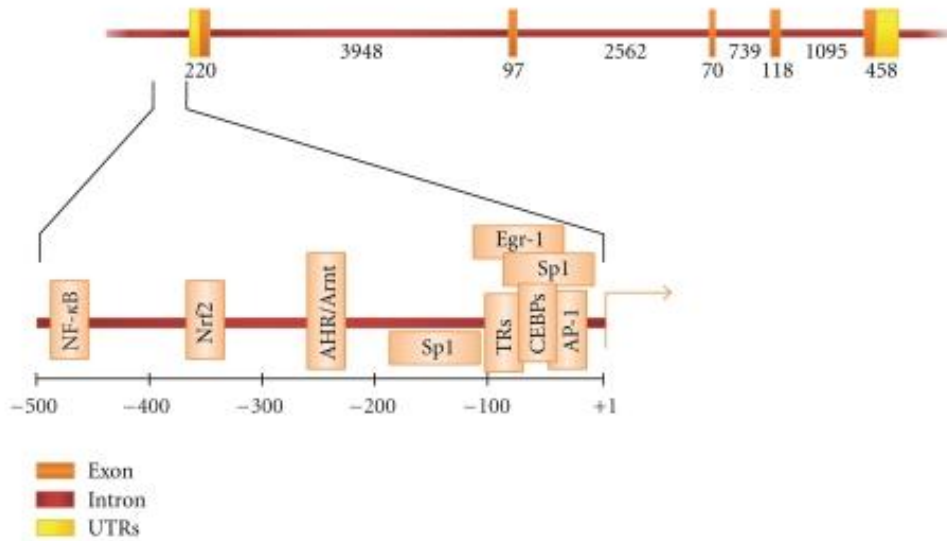
**Keywords:** Breast cancer, GIS cancer, SOD1, PCR, DNA

## 1. GİRİŞ

Meme kanseri en yaygın kanser olmasının yanı sıra dünya çapında kadınlarda kansere bağlı ölümlerin de önde gelen nedenidir. Meme kanserinin risk faktörlerinin sayısı önemlidir ve hem değiştirilebilir faktörleri hem de değiştirilemeyen faktörleri içerir (1). Meme kanserlerinin %5 ila %10'unun genetik mutasyonlara ve aile geçişine %20 ila %30'unun ise değiştirilebilir faktörlere bağlı olduğu gösterilmiştir (2). Meme kanserli hastaların yaklaşık %80'i 50 yaş üstü bireylerdir. Sağkalım hem evreye hem de moleküler alt tipe bağlıdır. İnvaziv meme kanserleri klinik sunumları, davranışları ve morfolojileri açısından çeşitlilik gösteren geniş spektrumlu tümörleri içerir (1). Meme kanseri, meme bezlerinde ortaya çıkan farklı malignitelerin bir derlemesidir. Karsinomlar meme kanserlerinin çoğunluğunu oluştururken, fillod tümörleri ve anjiyosarkomlar gibi sarkomlar nadiren görülür (3). Meme kanserlerinin yaklaşık %5-10'u kalıtsal kabul edilir. BRCA1, BRCA2, CHEK2, ATM, PALB2, BRIP1, TP53, PTEN, CDH1 ve STK11 bilinen meme kanseri genleridir (4). Bilinen meme kanseri genlerinin yanı sıra, genom çapında ilişki çalışmaları (GWAS'ler) daha önce meme kanseri riskiyle ilişkili 170'ten fazla genetik polimorfizm tanımlamıştır. Tek nükleotid polimorfizmlerinin (SNP'ler) meme kanseri kalıtımının %14'üne kadar çıkabileceği öne sürülmüştür (5).

Ağız, yemek borusu, mide, karaciğer, pankreas ve kolorektal kanserler dahil olmak üzere gastrointestinal sistem (GİS) kanserleri, dünya çapında önemli bir sağlık endişesi oluşturmaktadır. Bu tümörler toplu olarak tüm küresel kanserlerin önemli bir bölümünü temsil eder ve onkolojik tanılarının yaklaşık dörtte birini ve kanserle ilişkili ölümlerin neredeyse üçte birini oluşturmaktadır (6). Son araştırmalar, çoğu GİS kanserinin sigara, alkol tüketimi, enfeksiyonlar, beslenme alışkanlıkları ve obezite gibi birkaç ortak risk faktörünü paylaştığını göstermektedir (7). GİS kanserleri, büyümeyi, farklılaşmayı ve DNA onarımını kontrol eden genlerdeki değişikliklerin sıralı birikiminden kaynaklanan genetik bozukluklardır. Vakaların çoğunluğu sporadik olarak ortaya çıkıyor gibi görünse de, GİS kanserlerinin küçük bir yüzdesinde, iyi karakterize edilmiş genetik sendromlar ve bu sendromların yüksek riskiyle ilişkili aile öyküsü ile kanıtlandığı gibi, belirgin bir kalıtsal bileşen vardır. Kalıtsal vakaların yaklaşık %5'i, iyi karakterize edilmiş klinik sunumlara sahip yüksek penetran mutasyonlardan kaynaklanmaktadır. GİS kanserlerinin çoğu tek genlerdeki mutasyonlardan kaynaklanıyor gibi görünmektedir ve bu kanser türleri daha az penetrandır. Tek gen mutasyonlarına örnek olarak metabolizmanın kontrolünde yer alan veya çevresel faktörler tarafından düzenlenen genlerdeki yaygın SNP'ler verilebilir (8).

Süperoksit dismutaz (SOD) , aktif bölgede bulunan geçiş metal iyonları aracılığıyla çok yüksek bir reaksiyon hızında oksidasyon redüksiyon döngüleri boyunca oksijen radikallerini temizleyen bir antioksidan enzim olarak işlev görür (9). Süperoksit anyon serbest radikalının moleküler oksijene ve hidrojen peroksit haline dismutasyonunu katalizler ve aşırı konsantrasyonda hücrelere zarar veren O<sub>2</sub> seviyesini azaltır. Bu reaksiyona SOD'ların aktif bölgesinde bulunan metal iyonlarının alternatif oksidasyon redüksiyonu eşlik eder (10). Memelilerde, SOD'un üç izoformu vardır: SOD1 (CuZnSOD); SOD2 (MnSOD); SOD3 (ecSOD). Her biri farklı genlerin ve farklı hücre altı lokalizasyonunun ürünüdür, ancak aynı reaksiyonu katalizler. SOD1, majör hücre içi SOD'dur (11). SOD1, 153 aminoasitten oluşan 32 kDa homodimer olarak bulunur. Sitoplazmanın her yerinde bulunurken, mitokondriyal zarlar arası boşlukta nispeten izler halinde bulunur. İmmünohistokimyasal analiz, memeli hücrelerinin çekirdeklerinde, lizozomlarında ve peroksizomlarında SOD1'in varlığını ortaya koymuştur (12). İnsan SOD1 geni kromozom 21q22.11 üzerinde yer alır ve monomerik SOD1 polipeptidini kodlar. Bu gen 9307 bp genomik büyüklüğe sahip olarak 33.031.935 baz çiftinden 33.041.241 baz çiftine kadar yer alır. Kodlama bölgesi dört intron tarafından kesilen beş ekzondan oluşur. SOD1 geninde, çoğunlukla promotör, UTR'ler ve intronlar dahil olmak üzere düzenleyici bölgelerde dağılmış birkaç polimorfizm tanımlanmıştır (13). SOD1 promotörü , TATA kutusu ve CCAAT kutusu gibi yüksek GC açısından zengin bir bölgeye sahiptir. Promotör bölgesinde işlevsel çalışmalarla doğrulanmış olan birkaç transkripsiyon faktörü bağlanma bölgesi tanımlanmıştır (14).



**Görsel 1.** SOD1 geni organizasyonu (13)

SOD1 geninde çok sayıda genetik varyant bildirilmiştir. Ekleme noktasına (ekson3/intron3) bitişik olan yaygın bir rs2234694 varyantının, SOD aktivitesinin azalması ile ilişkili olduğu bulunmuştur (15). SOD1 genindeki rs2234694 gen varyantı daha önce kronik gastrit, tip 2 diyabet, inflamatuvar bağırsak hastalığı, yaşa bağlı makula dejenerasyonu gibi çeşitli klinik

durumlarla ilişkili olarak incelenmiştir (16). SOD1 geni promotör bölgesinde 50 bp'lik bir ekleme/silme (Ins/Del) işlevsel bir varyant tanımlanmıştır (17). Bu bölge çok sayıda transkripsiyon faktörü bağlanma bölgesine sahiptir. In vitro ve in vivo çalışmalara dayalı fonksiyonel analiz, Del alelinin SOD1 promotör aktivitesini azalttığını doğrulamıştır. Ek olarak, Del aleli insan eritrositlerinde SOD1'in enzimatik aktivitesindeki azalmayla ilişkilidir (18). 50 bp'lik Ins/Del varyantı kalp hastalığı, meme kanseri, bipolar bozukluk ve beta-talasemi ile ilişkilendirilmiştir (19).

Bu çalışmada Meme kanseri ve GİS kanserleri ile SOD1 (rs2234694 ve 50 bp Ins/Del) fonksiyonel gen varyantlarının ilişkisinin olup olmadığının belirlenmesi amaçlanmıştır.

## 2. MATERYAL VE METOD

Çalışmaya 28 Meme kanseri, 38 GİS kanseri tanısı almış hasta ile 50 sağlıklı kontrol olmak üzere toplam 116 birey dahil edildi. Bireylerden alınan periferik kandan lökosit izolasyonu gerçekleştirildi. Elde edilen lökositlerden ticari kit ile üreticinin yönergeleri doğrultusunda genomik DNA izolasyonu yapıldı. (ELK Biotech DNA izolasyon kiti).

SOD1 geni rs2234694 varyantı PCR-RFLP yöntemiyle analiz edildi. SOD1 geni rs2234694 varyantı için uygun PCR koşullarında DNA örnekleri çoğaltıldı. Çoğaltılan bölge restriksiyon endonükleaz olarak HhaI enzimi kullanılarak kesildi. Ardından örnekler %3,5'lük jel elektroforezinde yürütülerek, UV ışık altında genotiplenmeleri yapıldı. AA genotipi 278 bp, AC genotipi 278, 207 ve 71 bp, CC genotipi ise 207, 71 bp bantlar gösterdi (16).

SOD1 geni 50 bp Ins/Del varyantı PCR yöntemiyle analiz edildi. Analiz edilecek olan bölge için uygun primerler kullanılarak uygun PCR koşullarında DNA örnekleri çoğaltıldı. Ardından örnekler %3,5'lük jel elektroforezinde yürütülerek, UV ışık altında genotiplenmeleri yapıldı. Ins/del alleli 297 ve 247 bp, Ins/Ins alleli 297 bp, Del/Del alleli ise 247 bp bantlar gösterdi (20).

İstatistiksel analizler IBM SPSS Statistics 22 yazılımı kullanılarak yapıldı. İncelenen varyantın genotip dağılımları, Hardy-Weinberg dengesi (HWE) açısından ve ki-kare testleri ile analiz edildi.

## 3. BULGULAR

Meme kanseri ve sağlıklı kontrol grubu karşılaştırıldığında SOD1 geni rs2234694 ve 50 bp Ins/Del fonksiyonel gen varyantlarında genotip ve allel sıklığı açısından istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki saptanmamıştır (Çizelge 1 ve Çizelge 2).

**Çizelge 1.** Meme kanseri ve sağlıklı kontrollerde SOD1 geni rs2234694 varyantının genotip ve allel dağılımı

Genotip	MEME n:28 (%)	Kontrol n: 50 (%)	p
<b>SOD1 rs 2234694</b>			
AA	26 (% 92,9)	49 (% 98)	0,2572
AC	2 (% 7,1)	1 (% 2)	
CC	0 (% 0)	0 (% 0)	
A	54 (% 96,4)	99 (% 99)	0,2619
C	2 (% 3,6)	1 (% 1)	
HWEp	0,844625	0,943060	

**Çizelge 2.** Meme kanseri ve sağlıklı kontrollerde SOD1 geni 50 bp Ins/Del varyantının genotip ve allel dağılımı

Genotip	Meme n:28 (%)	Kontrol n: (%)	p
<b>SOD1 50 bp INS/DEL</b>			
II	23 (% 82,1)	39 (% 78)	0,6638
ID	5 (% 17,9)	11 (% 22)	
DD	0 (% 0)	0 (%)	
I	51 (% 91,1)	89 (% 89)	0,6825
D	5 (% 8,9)	11 (% 11)	
HWEp	0,603918	0,382144	

GİS kanseri ve sağlıklı kontrol grubu karşılaştırıldığında SOD1 geni rs2234694 ve 50 bp Ins/Del fonksiyonel gen varyantlarında genotip ve allel sıklığı açısından istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki saptanmamıştır (Çizelge 3 ve Çizelge 4).

**Çizelge 3.** GİS kanseri ve sağlıklı kontrollerde SOD1 geni rs2234694 varyantının genotip ve allel dağılımı

Genotip	GİS n:38 (%)	Kontrol n: 50(%)	p
<b>SOD1 rs 2234694</b>			
AA	36 (% 94,7)	48 (% 96)	0,7781
AC	2 (% 5,3)	2 (% 4)	
CC	0 (% 0)	0 (% 0)	
A	74 (% 97,4)	98 (% 98)	0,7806
C	2 (% 2,6)	2 (% 2)	
HWEp	0,867680	0,885258	



**Çizelge 4.** GİS kanseri ve sağlıklı kontrollerde SOD1 geni 50 bp Ins/Del varyantının genotip ve allel dağılımı

SOD1 50 bp INS/DEL	GİS n:38 (%)	Kontrol n:50 (%)	p
<b>II</b>	29 (% 76,3)	42 (% 84)	0,4113
<b>ID</b>	8 (% 21,1)	8 (% 16)	
<b>DD</b>	1 (% 2,6)	0 (% 0)	
<b>I</b>	66 (% 86,8)	92 (% 92)	0,2633
<b>D</b>	10 (% 13,2)	8 (% 8)	
<b>HWE<sub>p</sub></b>	0,627193	0,538637	

#### 4. SONUÇLAR VE DEĞERLENDİRME

Çalışmamızda meme ve GİS kanseri hastaları ile sağlıklı kontrol grubunu genotip ve allel sıklığı açısından karşılaştırdığımızda istatistiksel olarak anlamlı bir ilişkinin bulunmadığı saptandı.

Meksika popülasyonunda 751 meme kanseri ve 582 sağlıklı kontrol ile yapılan bir çalışmada meme kanseri hastaları ve kontrol grubu AC genotipi AC/CC genotipi ve C aleli açısından karşılaştırıldığında SOD1 geni rs2234694 varyantının meme kanseri duyarlılığı ile ilişkili olduğu gösterilmiştir. SOD1 genindeki 50 bp Ins/Del polimorfizminin genotip dağılımı meme kanseri ve kontrol grupları arasında anlamlı bir fark göstermemiştir. Ancak SOD1 geni 50 bp Ins/Del varyantı Del aleli için meme kanseri duyarlılığı ile ilişkili bulunmuştur (21). Mahjoub ve arkadaşları 423 meme kanseri tanısı almış ve 424 sağlıklı kontrolü dahil ettikleri çalışmalarında SOD1 50 bp I/D varyantının ID ve DD genotipi ile meme kanseri riski arasında anlamlı bir ilişki bulamamışlardır (22).

Literatürde GİS kanserleri ve SOD1 geni rs2234694 ve 50 bp Ins/Del varyantlarının incelendiği bir çalışma bulunmamaktadır. Ancak, Polonya popülasyonunda inflamatuvar bağırsak hastalıklarında SOD1 geni rs2234694 varyantının incelendiği bir çalışmada A/C genotipi ve SOD1 geninin A/C varyantının C alel frekansları, inflamatuvar bağırsak hastalığı riskinin azalmasıyla ilişkili bulunmuştur. SOD1 geni rs2234694 varyantının A/C genotipinin Crohn hastalarında koruyucu etkiye sahip olabileceği belirtilmiştir (23).

#### 5. GENEL DEĞERLENDİRME VE SONUÇLAR

Bu çalışmada meme ve GİS kanseri hastaları ile sağlıklı kontrol grubu genotip ve allel sıklığı açısından karşılaştırıldığında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişkinin bulunmadığı saptanmıştır ( $p>0.05$ ). Çalışmamız Meme ve GİS kanserleri ile SOD1 (rs2234694 ve 50 bp Ins/Del) fonksiyonel gen varyantları ilişkisinin Türk popülasyonunda incelendiği literatürdeki ilk çalışmadır ve anlamlı bir ilişki saptanmamıştır. Ancak, daha büyük çalışma grupları ve farklı etnik kökenli hasta gruplarında yapılacak çalışmalar meme ve GİS kanserleri ile SOD1 gen varyantlarının ilişkisinin daha ayrıntılı olarak aydınlatılmasını sağlayacaktır.

## KAYNAKÇA

1. Łukasiewicz, S., Czeczelewski, M., Forma, A., Baj, J., Sitarz, R., & Stanisławek, A. (2021). Breast Cancer-Epidemiology, Risk Factors, Classification, Prognostic Markers, and Current Treatment Strategies-An Updated Review. *Cancers, 13*(17), 4287.
2. Obeagu, E. I., & Obeagu, G. U. (2024). Breast cancer: A review of risk factors and diagnosis. *Medicine, 103*(3), e36905.
3. Feng, Y., Spezia, M., Huang, S., Yuan, C., Zeng, Z., Zhang, L., Ji, X., Liu, W., Huang, B., Luo, W., Liu, B., Lei, Y., Du, S., Vuppapapati, A., Luu, H. H., Haydon, R. C., He, T. C., & Ren, G. (2018). Breast cancer development and progression: Risk factors, cancer stem cells, signaling pathways, genomics, and molecular pathogenesis. *Genes & diseases, 5*(2), 77–106.
4. Eccles, S. A., Aboagye, E. O., Ali, S., Anderson, A. S., Armes, J., Berditchevski, F., Blaydes, J. P., Brennan, K., Brown, N. J., Bryant, H. E., Bundred, N. J., Burchell, J. M., Campbell, A. M., Carroll, J. S., Clarke, R. B., Coles, C. E., Cook, G. J., Cox, A., Curtin, N. J., Dekker, L. V., ... Thompson, A. M. (2013). Critical research gaps and translational priorities for the successful prevention and treatment of breast cancer. *Breast cancer research : BCR, 15*(5), R92.
5. Huss, L., Butt, S. T., Almgren, P., Borgquist, S., Brandt, J., Försti, A., Melander, O., & Manjer, J. (2018). SNPs related to vitamin D and breast cancer risk: a case-control study. *Breast cancer research : BCR, 20*(1), 1.
6. Kayali, S., Marabotto, E., & Giannini, E. (2023). Gastrointestinal Tract Cancers, an Increasing Burden of the Modern Era: Epidemiology and Prevention. *Cancers, 15*(18), 4634.
7. Jardim, S. R., de Souza, L. M. P., & de Souza, H. S. P. (2023). The Rise of Gastrointestinal Cancers as a Global Phenomenon: Unhealthy Behavior or Progress? *International Journal of Environmental Research and Public Health, 20*(4), 3640.
8. Lv X. P. (2017). Gastrointestinal tract cancers: Genetics, heritability and germ line mutations. *Oncology letters, 13*(3), 1499–1508.
9. Zheng, M., Liu, Y., Zhang, G., Yang, Z., Xu, W., & Chen, Q. (2023). The Applications and Mechanisms of Superoxide Dismutase in Medicine, Food, and Cosmetics. *Antioxidants (Basel, Switzerland), 12*(9), 1675.
10. Younus H. (2018). Therapeutic potentials of superoxide dismutase. *International journal of health sciences, 12*(3), 88–93.
11. Fukai, T., & Ushio-Fukai, M. (2011). Superoxide dismutases: role in redox signaling, vascular function, and diseases. *Antioxidants & redox signaling, 15*(6), 1583–1606.
12. Chidambaram, S. B., Anand, N., Varma, S. R., Ramamurthy, S., Vichitra, C., Sharma, A., Mahalakshmi, A. M., & Essa, M. M. (2024). Superoxide dismutase and neurological disorders. *IBRO neuroscience reports, 16*, 373–394.
13. Milani, P., Gagliardi, S., Cova, E., & Cereda, C. (2011). SOD1 Transcriptional and Posttranscriptional Regulation and Its Potential Implications in ALS. *Neurology research international, 2011*, 458427.
14. Miao, L., & St Clair, D. K. (2009). Regulation of superoxide dismutase genes: implications in disease. *Free radical biology & medicine, 47*(4), 344–356.

15. Ben Anes, A., Ben Nasr, H., Garrouche, A., Bchir, S., Dhaouefi, Z., Chabchoub, E., Tabka, Z., & Chahed, K. (2019). The Cu/Zn superoxide dismutase +35A/C (rs2234694) variant correlates with altered levels of protein carbonyls and glutathione and associates with severity of COPD in a Tunisian population. *Free radical research*, 53(3), 293–303.
16. Yukcu F, Akcilar R, Dizen Namdar N, Kocyigit Sevinc S, Arslan Utku S. Investigation of the Effects of SOD1 +35A/C and GPx-3 +1494A/G Gene Polymorphisms in Patients With Acne Vulgaris. *J Clin Pract Res* 2024; 46(2): 161–170
17. Namdari, S., & Saadat, M. (2021). Susceptibility to preeclampsia is associated with a 50-bp insertion/deletion polymorphism at the promoter region of the *SOD1* gene. *Journal of the Turkish German Gynecological Association*, 22(4), 268–272.
18. Darvishi Z.F., Boroumand F., Saadat M., (2019). Genotyping of a 50 bp insertion/deletion genetic variation at promoter region of the superoxide dismutase 1 (SOD1) using high resolution melting analysis. *Gene Report*, 15, 2452-0144.
19. Duzgun Ergun, D., Doganer, F., Koc, G., Soyocak, A., Pastaci Ozsobaci, N., & Ergun, S. (2022). The relationship of 50 bp deletion in the promoter region of SOD1 gene with viscosity and trace elements in chronic gastritis with Helicobacter Pylori: A case study. *Journal of trace elements in medicine and biology : organ of the Society for Minerals and Trace Elements (GMS)*, 73, 127039.
20. Eskandari-Nasab, E., Kharazi-Nejad, E., Nakhaee, A., Afzali, M., Tabatabaei, S. P., Targar-Fakheri, K., & Hashemi, M 2014. 50-bp Ins/Del polymorphism of SOD1 is associated with increased risk of cardiovascular disease. *Acta medica Iranica*, 52(8), 591–595.
21. Gallegos-Arreola, M. P., Ramírez-Hernández, M. A., Figuera, L. E., Zúñiga-González, G. M., & Puebla-Pérez, A. M. (2020). The rs2234694 and 50 bp Insertion/Deletion polymorphisms of the SOD1 gene are associated with breast cancer risk in a Mexican population. *European review for medical and pharmacological sciences*, 24(15), 8017–8027.
22. Mahjoub, G.; Saadat, I. Genetic Polymorphisms in CAT-21A/T and SOD1 50 bp I/D Genes with the Risk of Breast Cancer. *Gene Reports* 2020, 19, 100609.
23. Mrowicka, M., Mrowicki, J., Mik, M., Wojtczak, R., Dziki, L., Dziki, A., & Majsterek, I. (2017). Association between *SOD1*, *CAT*, *GSHPX1* polymorphisms and the risk of inflammatory bowel disease in the Polish population. *Oncotarget*, 8(65), 109332–109339.

## **PARTANATOZUN MOLEKÜLER MEKANİZMALARI VE HASTALIKLARDAKİ ROLÜ**

### **MOLECULAR MECHANISMS OF PARTHANATOS AND ITS ROLE IN DISEASES**

**M.Sc. Yasemin Oyacı**

Institute of Graduate Studies in Health Sciences, Istanbul University, yaseminf@hotmail.com,  
ORCID ID: 0000-0002-1338-0087

**M.Sc. Sevde Hasanoglu Sayin**

Institute of Graduate Studies in Health Sciences, Istanbul University,  
sevde.hasanoglu@hotmail.com, ORCID ID: 0000-0003-2378-1535

**Prof. Dr. Sacide Pehlivan**

Department of Medical Biology, Istanbul University, Istanbul Faculty of Medicine  
sacide.pehlivan@istanbul.edu.tr, ORCID ID: 0000-0003-1272-5845

#### **ÖZET**

Partanatoz, apoptoz, nekroz veya bilinen diğer hücre ölümü formlarından farklı olan Poli-ADP-riboz polimeraz-1 (PARP-1) bağımlı, kaspazdan bağımsız, hücre ölümü yoludur. PARP-1 işlevi, hayatta kalmayı desteklemekten ölüme neden olmaya kadar uzanır. Fizyolojik koşullar altında PARP-1, DNA onarımı, genomik stabilite ve transkripsiyon için önemlidir. İskemi-reperfüzyon hasarı, inflamasyon, miyokard enfarktüsü, glutamat eksitotoksitesisi ve Parkinson Hastalığı gibi ciddi genomik strese neden olan patolojik durumlarda PARP-1 aşırı aktivasyonu hücre ölümüne yol açar. PARP-1, DNA zinciri çentiklerini ve kırıklarını algılayarak ve PAR polimerinin sentezi yoluyla onarımlarını kolaylaştırarak bir DNA baz eksizyon onarım sistemi oluşturur. Hafif DNA hasarı varlığında bile, PARP-1'in katalitik aktivitesi 500 kattan fazla artar. PARP'in ve dolayısıyla partanatozun, sinir sistemini doğrudan etkilemeyenler de dahil olmak üzere çeşitli insan hastalıklarının patogenezinde rol oynadığına dair bol miktarda kanıt bulunmaktadır. Partanatozun ilk sinyali olan PARP-1, mitokondriyal disfonksiyona neden olarak, gen ekspresyonunu modüle ederek ve çeşitli incelemelerde detaylandırılmış olan çok çeşitli nükleer proteinlerle etkileşime girerek nörodejeneratif hastalığın patolojik süreçlerine katkıda bulunur. Glioma hücrelerinde bazal PARP-1 seviyesinin nöronlardakinden daha yüksek olduğu bildirilmiştir. Seviyesi ayrıca gliomanın malignitesi ve hastaların kötü prognozu ile de pozitif ilişkilidir. Aşırı veya kusurlu partanatoz patolojik hücre hasarına katkıda bulunur; bu nedenle, partanatoz birçok hastalığın tedavisi ve önlenmesinde kritik öneme sahiptir. Çeşitli çalışmalarda PARP inhibitörlerinin etkileri araştırılmaktadır. Klinik anti-kanser tedavileri için onaylanmış PARP inhibitörleri de bulunmaktadır. Bu çalışmada hücre ölümü tiplerinden partanatozun moleküler mekanizmaları, hastalıklardaki rolü ve terapötik potansiyeli değerlendirilecektir.

**Anahtar Kelimeler:** Partanatoz, hücre ölümü, PARP-1

## ABSTRACT

Parthanatos is a Poly-ADP-ribose polymerase-1 (PARP-1)-dependent, caspase-independent, cell death pathway that is distinct from apoptosis, necrosis, or other known forms of cell death. PARP-1 function ranges from promoting survival to causing death. Under physiological conditions, PARP-1 is important for DNA repair, genomic stability, and transcription. In pathological conditions that cause severe genomic stress, such as ischemia-reperfusion injury, inflammation, myocardial infarction, glutamate excitotoxicity, and Parkinson's Disease, PARP-1 overactivation leads to cell death. PARP-1 forms a DNA base excision repair system by sensing DNA strand nicks and breaks and facilitating their repair through the synthesis of the PAR polymer. Even in the presence of mild DNA damage, the catalytic activity of PARP-1 increases more than 500-fold. There is ample evidence that PARP, and thus parthanatos, plays a role in the pathogenesis of a variety of human diseases, including those that do not directly affect the nervous system. PARP-1, the first signal of parthanatos, contributes to the pathological processes of neurodegenerative disease by causing mitochondrial dysfunction, modulating gene expression, and interacting with a wide variety of nuclear proteins that have been detailed in various reviews. Basal PARP-1 levels have been reported to be higher in glioma cells than in neurons. Its level is also positively associated with malignancy of glioma and poor prognosis of patients. Excessive or defective parthanatos contributes to pathological cell damage; therefore, parthanatos is critical in the treatment and prevention of many diseases. The effects of PARP inhibitors are being investigated in various studies. There are also PARP inhibitors approved for clinical anticancer treatments. In this study, the molecular mechanisms of parthanatos, one of the types of cell death, its role in diseases, and its therapeutic potential will be evaluated.

**Keywords:** Parthanatos, cell death, PARP-1

## GİRİŞ

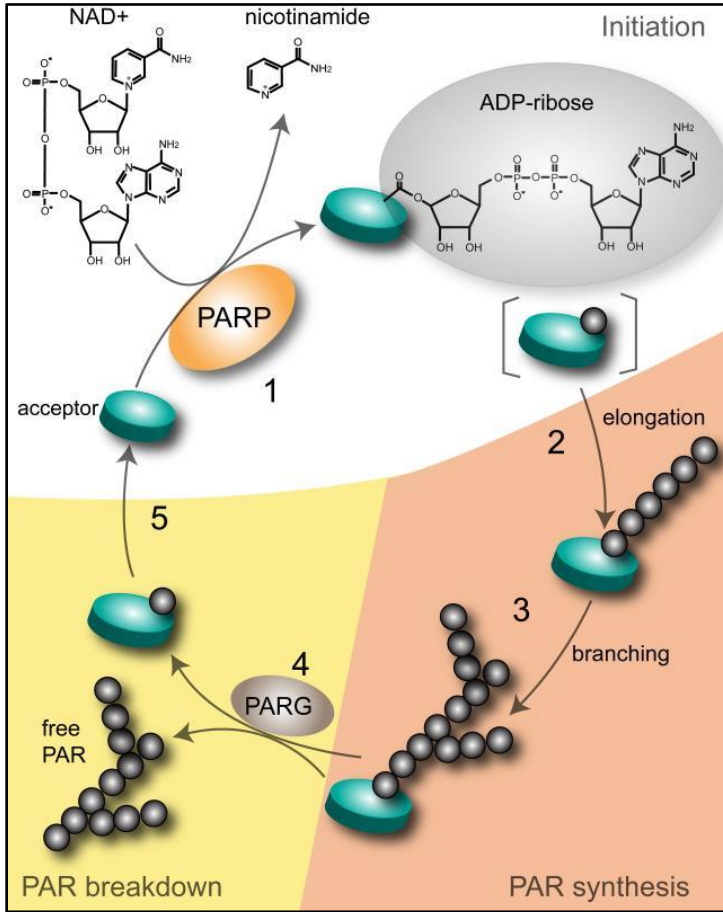
Partanatoz, apoptoz, nekroz veya bilinen diğer hücre ölümü formlarından farklı olan (Poli-ADP-riboz polimeraz-1) PARP-1'e bağımlı, kaspazdan bağımsız, hücre ölümü yoludur. Partanatoz terimi, PAR polimeri tarafından başlatılan hücre ölümünü tanımlamak için Yunan mitolojisinde ölümün kişileştirilmesi olan Thanatos'tan türetilmiş ve ilk olarak 2008 yılında Johns Hopkins Üniversitesi'nde Dawson'ın ekibi tarafından adlandırılmıştır. Fizyolojik koşullar altında PARP-1, DNA onarımı, genomik stabilite ve transkripsiyon gibi çeşitli önemli hücresel süreçlerin düzenlenmesinde önemlidir. İskemi-reperfüzyon hasarı, inflamasyon, miyokard enfarktüsü, glutamat eksitotoksitesisi ve Parkinson Hastalığı gibi şiddetli genomik strese neden olan patolojik koşullarda PARP-1 aşırı aktivasyonu hücre ölümüne yol açar (1).

### 1. Poli-ADP-riboz polimerazlar

Poli-ADP ribozilasyonu, poli-ADP riboz polimerazları (PARP'ler) tarafından katalize edilen bir translasyon sonrası modifikasyondur. PARP'ler, doğrusal veya dallanmış olabilen ve serbest veya proteinlere bağlı olabilen PAR homopolimerleri oluşturur. PAR'nin anyonik yükü nedeniyle, PAR'nin proteinlere kovalent olmayan veya kovalent bağlanması hedef proteinin

işlevini değiştirir, bu muhtemelen PARP'lerin DNA onarımı, DNA transkripsiyonu, mitoz ve hücre ölümü gibi hücresel süreçleri modüle ettiği mekanizmalardan biridir. PARP-1, PARP süper ailesinin kurucu üyesidir. PARP-1 işlevi, hayatta kalmayı desteklemekten ölüme neden olmaya kadar uzanır.

PARP-1'in işlevini düzenleme yollarından biri, PAR'ın oluşumunu, yapısını ve bozulmasını düzenlemektir (Görsel 1). Hafif DNA hasarı varlığında, PARP-1'in katalitik aktivitesi 500 kattan fazla artarak PARP-1 ve substratlarının ADP-ribosilasyonuna neden olur. Substratları, histonları, DNA helikazlarını, yüksek mobilite grubu proteinlerini, topoizomeraz I ve II'yi, tek zincirli kırılma onarım faktörlerini, baz eksizyon onarım faktörlerini ve çeşitli transkripsiyon faktörlerini içerir ancak bunlarla sınırlı değildir. Ancak aşırı genotoksik stres ile PARP-1 aşırı aktive olur, aşırı PAR üretir ve hücre ölümüne yol açar (2,3).



**Görsel 1:** PAR polimer metabolizması (1).

## 2. Partanatozun Morfolojik Özellikleri

Partanatoz geçiren hücreler genellikle nekroz benzeri ve apoptoz benzeri morfolojik değişiklikler gösterir. Bu özellikler arasında hücre zarı bütünlüğünün kaybı, hücresel Propidyum iyodür (PI) pozitif boyama ve DNA parçalanmaları (15 kb ila 50 kb) bulunur. Ultra yapısal düzeyde, partanatik hücreler genellikle iç transmembran potansiyelinin dağılması, nükleer büzülme ve kromatin yoğunlaşması gibi mitokondriyal anormallikler gösterir (1,4).

### 3. Partanatozun Biyokimyasal Özellikleri

#### 3.1. DNA Hasarı

DNA hasarı sinyallemesi, genom bütünlüğünün ve hücre kaderinin korunmasında esastır. DNA hasarının başlıca nedenleri kabaca çevresel etkiler (ekzojen hasar) ve kendiliğinden oluşan hasar (endojen hasar) olarak ikiye ayrılır. Çevresel faktörler genellikle ultraviyole radyasyonu (UVR), iyonlaştırıcı radyasyonu (IR), alkile edici ajanları ve metabolik olarak aktive edilmiş bileşikler kapsar. DNA replikasyonundaki hatalar, baz tautomerizmi, baz deaminasyonu ve kaybı kendiliğinden oluşan DNA hasarına aittir. Bazen kronik UVR DNA onarım yanıtına yardımcı olur; çoğu zaman onarılamaz DNA hasarına yol açar. PARP-1, hücrenin hayatta kalmasını sağlamak için DNA onarımını kolaylaştırarak genomik stabiliteyi korumada kritik öneme sahiptir. BER, tek zincirli kırılma (SSB) ve DSB onarım yollarını düzenleyebilir. Bu arada PARP-1, şiddetli DNA hasarına yanıt olarak partanatoza aracılık eder (5).

#### 3.2. NAD<sup>+</sup> Tükenmesi

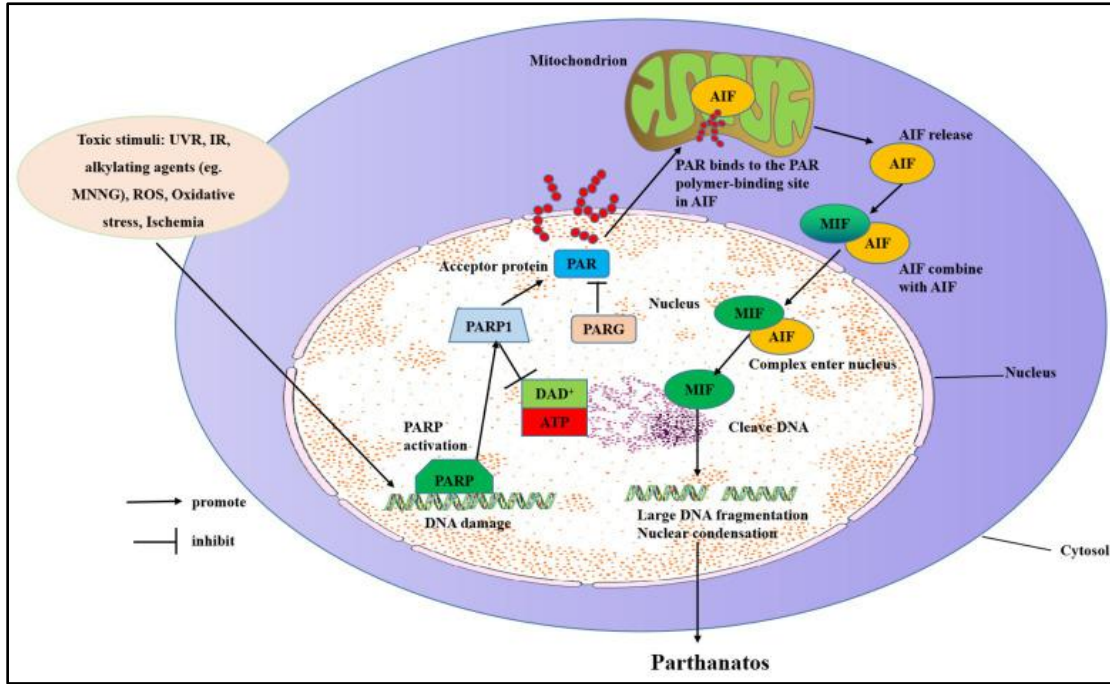
Hücrenel enerji tükenmesi, NAD<sup>+</sup> tüketimi yoluyla PARP-1'in aşırı aktivasyonu ile oluşur. NAD<sup>+</sup>, ATP üretmek için gerekli olan hücrenel metabolizmada bir yardımcı faktördür. Ayrıca, NAD<sup>+</sup> yeniden sentezi yaklaşık 2-4 ATP molekülü gerektirir. Çalışmalar, ATP'nin NAD<sup>+</sup> tüketimiyle birlikte hücrenel enerjide bir azalma ile birlikte azaldığını ve bunun hücre ölümüne yol açtığını göstermektedir (6-8).

#### 3.3. Poli(ADP-Riboz) (PAR) Birikimi

PAR polimerlerinin sentezi PARP adı verilen belirli enzimlere bağlıdır. PARP'lerin bir üyesi olan PARP-1, PAR polimerlerinin sentezlenmesine en büyük katkıyı sağlar. Toksik bir uyarana olduğunda, DNA hasarı görür, PARP1 aşırı aktif hale gelir ve gereksiz PAR polimeri üretir (9-11).

### 4. Partanatozun Moleküler Mekanizması

PARP-1 hiperaktivasyonu, kanonik apoptoz, nekroz veya otofajiden bağımsız olan ve apoptosis indükleyici faktör (AIF) tarafından aracılık edilen partanatoz hücre ölüm yolunu başlatır. AIF, mitokondriyal elektron taşıma zincirinin montajı için gerekli olan ve NAD(H) bağlanması dimer oluşumunu destekleyen monomerik ve dimerik formlar arasında bir dengede bulunan mitokondriyal membran bağlantılı bir proteindir. Spesifik toksik uyarılar PARP-1'in aşırı aktivasyonunu indükler ve daha sonra çekirdekte sitozole yer değiştiren ve mitokondride AIF'ye bağlanan poli(ADP-riboz) (PAR) polimerlerinin aşırı sentezine yol açar. PAR tarafından sinyal verildikten sonra, AIF sitozole salınır ve MIF ile etkileşime girer ve MIF'i çekirdeğe alır; burada MIF, DNA'yı böler ve büyük ölçekli DNA parçalanmasına ve kromatinolize neden olur (Görsel 2). Partanatozun moleküler mekanizmalarının birçoğu açıklığa kavuşturulmamıştır (1,12).



**Görsel 2:** Partanatozun Moleküler Mekanizması (12).

## 5. Partanatozun Hastalıklardaki Rolü

Partanatoz birçok hastalıkta gözlenmiştir. Aşırı veya kusurlu partanatoz patolojik hücre değişikliklerine neden olur. Partanatozun farklı hastalıklarda (tümörler, nörolojik hastalıklar, diyabet, böbrek hastalıkları, kardiyovasküler hastalıklar, iskemi-reperfüzyon hasarı...) yaygın olarak bulunduğu bildirilmektedir.

### 5.1. Partanatoz ve Nörodejeneratif Hastalıklar

Nörodejeneratif hastalıklar PARP-1 ekspresyonunun artması ve PAR birikiminin tipik örneklerini gösterir. Apoptoz, nekrotoz, otofaji, partanatoz dahil olmak üzere nörodejenerasyonda çeşitli hücre ölümü türleri rol oynar. Partanatozun ilk sinyali olan PARP-1, mitokondriyal disfonksiyona neden olarak, gen ekspresyonunu modüle ederek ve çeşitli incelemelerde detaylandırılmış olan çok çeşitli nükleer proteinlerle etkileşime girerek nörodejeneratif hastalığın patolojik süreçlerine katkıda bulunur.

#### 5.1.1. Partanatoz ve Parkinson Hastalığı

Parkinson hastalığı (PH), dopaminerjik nöronlar (DN) ile karakterizedir. PH ile ilgili son çalışma, partanatozun seçici DN kaybından sorumlu olduğunu kanıtlamaktadır. Parkinson hastalarındaki nöronlar, AIF'nin belirgin bir çekirdek translokasyonunu göstermektedir.  $\alpha$ -syn'in, farklı beyin bölgelerindeki nöronlarda PARP-1 ile farklı etkileşimlere sahip olduğu gösterilmiştir. PARP-1 inhibitörleri, hücrel bir Parkinson modelinde  $\alpha$ -syn kaynaklı sitotoksitesiteyi hafifletmiştir. Parkinson hastalarının beyin omurilik sıvısında artan PAR seviyeleri de gösterilmiştir (13-15).



### **5.1.2. Partanatoz ve Alzheimer Hastalığı**

Alzheimer hastalığı (AH), bilişsel bozukluk, amiloid  $\beta$  ( $A\beta$ ) üretimi ve PARP-1 aktivasyonu ile karakterizedir. Anormal  $A\beta$ , büyük ölçekte NO üretimine yol açar ve bu da PARP-1 aktivasyonuna ve hassas hücre altı yapılarda DNA hasarına neden olur. PAR oluşumu tarafından indüklenen  $NAD^+$  tüketimi, enerji tükenmesine ve hücre ölümüne katkıda bulunur. PARP-1 inhibitörleri, AH ilerlemesini yavaşlatarak ve AH model çalışmalarında, hastalığın erken evrelerinde bile nöroproteksiyon sunarak güçlü adaylar olarak öne çıkıyor. PAR veya PARilasyonun inhibisyonu da partanatozun yürütülmesini potansiyel olarak bloke ederek ve  $A\beta$  ve tau ile toksik ileri besleme döngüsünü bozarak umut verici bir hedeftir (16,17).

### **5.1.3. Partanatoz ve Huntington Hastalığı**

Partanatozun Huntington hastalığında (HH) ortaya çıkışı ve nöronal kayıptaki temel rolüne dair ikna edici kanıtlar mevcuttur. Htt proteini DNA hasarı onarımında rol oynar ve diğer DNA hasarı yanıt proteinleri için bir iskele görevi görerek oksidatif stres bölgelerine taşınmalarını kolaylaştırır. HH'de oksidatif stres kaynaklı DNA hasarı onarımındaki eksiklik partanatoz ile bir ilişki olduğunu gösterir. İnsan HH beyinlerinde, kaudat çekirdeğindeki hem nöronlarda hem de glial hücrelerde PARP-1 ekspresyonunun yükseldiğine dair kanıtlar vardır. HH beyinlerinin nöron ve glialinde güçlü bir PARP immünoreaktivitesi, ancak kaspaz-3'ün zayıf immünoreaktivitesi gözlenmiş; bu, kaspaz aracılı nöronal ölümün küçük bir rolünü ve HH geliştirme sürecinde muhtemel partanatoz katılımını gösterir. Ayrıca, PARP-1 inhibitörü INO-1001, HH fare modelinde nöroprotektif etki göstermiştir (18-20).

### **5.1.4 Partanatoz ve Amyotrofik Lateral Skleroz (ALS)**

ALS, motor nöron hastalığı (MND) olarak da bilinir, çok nadir ve ölümcül bir nörodejeneratif hastalıktır. Beyin sapından omuriliğe uzanan nöronlarla (alt motor nöronlar) birlikte korteksten beyin sapına uzanan nöronların (üst motor nöronlar) dejenerasyonu ile karakterizedir. Bu nöronların kaybı kas zayıflığına, felce ve sonunda ölüme neden olur. Sporadik ALS'de motor nöron ölümünün esas olarak kaspaz bağımlı mekanizma yoluyla apoptozun aracılık ettiği kabul edilir. Bununla birlikte, ALS modellerinde sırasıyla çekirdekte PAR yükselmesi ve AIF nükleer translokasyonu rapor edilmiştir. ALS hastalarının omuriliğinde motor nöronlarda AIF'ye bağlı kaspazdan bağımsız programlanmış hücre ölümü bildirilmiştir. İnsan ALS hastalarının beyinlerinde, motor korteks, parietal korteks ve serebellum gibi kritik bölgelerde PARP-1'in artan ekspresyonu gözlemlenmiştir (21-23).

## **5.2.Partanatoz ve Diyabet**

PARP-1 hiperaktivasyonu, tip 1 diyabetle ilişkili erken nefropatinin birçok farklı özelliğiyle ilişkilidir ve bu da PARP-1 inhibitörleri ve PARP-1 inhibitörü içeren kombinasyon terapilerinin geliştirilmesi ve incelenmesi için teorik bir temel sağlar. Diyabetik periferik nöropati (DPN) modelinde, hidrojen açısından zengin bir ortamın, PAR seviyesini ve AIF çekirdek translokasyonunu aşağı düzenleyerek partanatozu etkili bir şekilde bastırıldığı bildirilmiştir (24,25).

## **5.3.Partanatoz ve Böbrek Hastalıkları**

PARP-1 aktivitesinin kimyasal inhibisyonunun böbrek fibrozunu azalttığı saptanmıştır. PARP-1 eksikliği, sisplatin kaynaklı böbrek disfonksiyonunu, oksidatif stresi, proinflamatuvar gen indüksiyonunu ve partanatozu da azaltmıştır. PARP-1 inhibitörü 4-hidroksi kinazolin, akut böbrek modelinde tübülointerstisyel yapıların parçalanmasını zayıflatmıştır. PARP-1'in böbrek iltihabı üzerindeki etkisini belirlemek için nefritin lupus ve anti-glomerüler bazal membran modellerini kullanan araştırmacılar, PARP-1 aktivasyonunun ve ardından gelen nekrotik hücre ölümünün erkek glomerülonefritinin patogeneğinde yer aldığını bulmuşlardır (26-29).

#### **5.4.Partanatoz ve Kardiyovasküler Hastalıklar**

Miyokardiyal I/R'den sonra ROS üretilir ve PARP-1 aktive edilirken, PARP-1 eksikliği kardiyak kontraktiletiyi iyileştirir ve enerji metabolitlerini geri kazandırır. PARP-1 inhibitörü sıçan kalbindeki enfarktüs boyutunu hafiflettiği ve miyokardiyal I/R sıçanlarında morfoloji ile işlevi de iyileştirdiği gösterilmiştir. Miyokardiyal I/R'nin yanı sıra, partanatoz kalp yetmezliğinin ilerlemesini teşvik eder, PARP inhibitörleri bozulmuş miyokardiyal fonksiyonu etkili bir şekilde geri kazandırdığı bildirilmiştir (30).

#### **5.5.Partanatoz ve Tümörler**

Partanatozu uyarmanın, akciğer ve meme kanserinde tanımlanan kanser hücrelerini öldürmek için umut verici bir strateji olduğu gösterilmiştir. PARP-1 inhibitörü talazoparib, ileri meme kanseri hastalarında progresyonsuz sağkalım üzerinde standart kemoterapiden daha iyi bir etkiye sahiptir. Glioma hücrelerinde bazal PARP-1 seviyesi nöronlardakinden daha yüksektir. PARP-1 seviyesi ayrıca gliomanın malignitesi ve hastaların kötü prognozu ile de pozitif ilişkilidir (31,32).

#### **6. Partanatozu Hedeflemek**

PARP-1, AIF ve MIF gibi partanatoz kademesindeki anahtar hedeflere müdahalenin, hastalıkların ilerlemesini geciktirebileceği veya durdurabileceği düşünülmektedir. En önemlisi, partanatozu diğer hücre ölümü paradigmatlarıyla birleştirerek çok hedefli tedaviler geliştirmenin tedavi sonuçlarını iyileştireceğine inanılmaktadır. Öte yandan, partanatozu uyarmak, sinir sistemi neoplazmalarını öldürmek için yeni bir strateji olarak ortaya çıkıyor. Şu anda, klinik anti-kanser tedavisi için onaylanmış dört PARP inhibitörü (Olaparib, Rucaparib, Niraparib ve Talazoparib) vardır ve diğerleri, pankreas ve mide kanseri gibi birçok katı tümörün tedavisi için klinik deneylerde kapsamlı bir şekilde değerlendirilmektedir. Bugüne kadar, anti-kanser tedavisinde birkaç AIF hedefli terapötik ajan (BZL101, Atiprimod, Flavopiridol) kullanılmıştır (33).

#### **7. GENEL DEĞERLENDİRME VE SONUÇ**

Partanatoz ile ilgili hala çözülmemiş birçok soru var. Örneğin, nükleer PAR salınımının düzenleme mekanizması nedir? AIF, PAR bağlanmasına yanıt olarak mitokondriden nasıl salınır? Bazı hücre modellerinde AIF salınımını tetikleyen ancak diğerlerinde tetiklemeyen PAR'ın olası moleküler belirleyicileri nelerdir? Partanatozun temel biyokimyasal mekanizmasının daha derin bir şekilde anlaşılması, partanatoz ile ilgili terapötikler üzerine daha

fazla araştırma için ön koşuldur. Partanatoz yolunun derinlemesine çalışılması hastalıkların patogenezi ile önlenmesini keşfetmek için büyük önem taşımaktadır. Partanatozu hedef alan ilaçların araştırılması klinik tıp ve ilaç endüstrisinde önemli bir nokta haline gelecektir.

## KAYNAKÇA

1. David, K. K., Andrabi, S. A., Dawson, T. M., & Dawson, V. L. (2009). Parthanatos, a messenger of death. *Frontiers in bioscience (Landmark edition)*, 14(3), 1116–1128.
2. Hassa, P. O., Haenni, S. S., Elser, M., & Hottiger, M. O. (2006). Nuclear ADP-ribosylation reactions in mammalian cells: where are we today and where are we going?. *Microbiology and molecular biology reviews : MMBR*, 70(3), 789–829.
3. D'Amours, D., Desnoyers, S., D'Silva, I., & Poirier, G. G. (1999). Poly(ADP-ribosylation) reactions in the regulation of nuclear functions. *The Biochemical journal*, 342 ( Pt 2)(Pt 2), 249–268.
4. Andrabi, S. A., Dawson, T. M., & Dawson, V. L. (2008). Mitochondrial and nuclear cross talk in cell death: parthanatos. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1147, 233–241.
5. Wang, Y., Luo, W., & Wang, Y. (2019). PARP-1 and its associated nucleases in DNA damage response. *DNA repair*, 81, 102651.
6. Stringari, C., Edwards, R. A., Pate, K. T., Waterman, M. L., Donovan, P. J., & Gratton, E. (2012). Metabolic trajectory of cellular differentiation in small intestine by Phasor Fluorescence Lifetime Microscopy of NADH. *Scientific reports*, 2, 568.
7. Belenky, P., Bogan, K. L., & Brenner, C. (2007). NAD<sup>+</sup> metabolism in health and disease. *Trends in biochemical sciences*, 32(1), 12–19.
8. Katsyuba, E., Romani, M., Hofer, D., & Auwerx, J. (2020). NAD<sup>+</sup> homeostasis in health and disease. *Nature metabolism*, 2(1), 9–31.
9. CHAMBON, P., WEILL, J. D., & MANDEL, P. (1963). Nicotinamide mononucleotide activation of new DNA-dependent polyadenylic acid synthesizing nuclear enzyme. *Biochemical and biophysical research communications*, 11, 39–43.
10. Dawson, V. L., & Dawson, T. M. (2004). Deadly conversations: nuclear-mitochondrial cross-talk. *Journal of bioenergetics and biomembranes*, 36(4), 287–294.
11. Fatokun, A. A., Dawson, V. L., & Dawson, T. M. (2014). Parthanatos: mitochondrial-linked mechanisms and therapeutic opportunities. *British journal of pharmacology*, 171(8), 2000–2016.
12. Huang, P., Chen, G., Jin, W., Mao, K., Wan, H., & He, Y. (2022). Molecular Mechanisms of Parthanatos and Its Role in Diverse Diseases. *International journal of molecular sciences*, 23(13), 7292.
13. Lee, Y., Karuppagounder, S. S., Shin, J. H., Lee, Y. I., Ko, H. S., Swing, D., Jiang, H., Kang, S. U., Lee, B. D., Kang, H. C., Kim, D., Tessarollo, L., Dawson, V. L., & Dawson, T. M. (2013). Parthanatos mediates AIMP2-activated age-dependent dopaminergic neuronal loss. *Nature neuroscience*, 16(10), 1392–1400.
14. Burguillos, M. A., Hajji, N., Englund, E., Persson, A., Cenci, A. M., Machado, A., Cano, J., Joseph, B., & Venero, J. L. (2011). Apoptosis-inducing factor mediates dopaminergic cell death in response to LPS-induced inflammatory stimulus: evidence in Parkinson's disease patients. *Neurobiology of disease*, 41(1), 177–188.
15. Mao, K., Chen, J., Yu, H., Li, H., Ren, Y., Wu, X., ... & Li, W. (2020). Poly (ADP-ribose) polymerase 1 inhibition prevents neurodegeneration and promotes  $\alpha$ -synuclein

- degradation via transcription factor EB-dependent autophagy in mutant  $\alpha$ -synucleinA53T model of Parkinson's disease. *Aging cell*, 19(6), e13163.
16. Kauppinen, T. M., Suh, S. W., Higashi, Y., Berman, A. E., Escartin, C., Won, S. J., ... & Swanson, R. A. (2011). Poly (ADP-ribose) polymerase-1 modulates microglial responses to amyloid  $\beta$ . *Journal of neuroinflammation*, 8, 1-17.
  17. Strosznajder, J. B., Czapski, G. A., Adamczyk, A., & Strosznajder, R. P. (2012). Poly (ADP-ribose) polymerase-1 in amyloid beta toxicity and Alzheimer's disease. *Molecular neurobiology*, 46(1), 78-84.
  18. Vis, J. C., Schipper, E., de Boer-van Huizen, R. T., Verbeek, M. M., de Waal, R. M., Wesseling, P., ... & Kremer, B. (2005). Expression pattern of apoptosis-related markers in Huntington's disease. *Acta neuropathologica*, 109, 321-328.
  19. Cardinale, A., Paldino, E., Giampà, C., Bernardi, G., & Fusco, F. R. (2015). PARP-1 inhibition is neuroprotective in the R6/2 mouse model of Huntington's disease. *PLoS one*, 10(8), e0134482.
  20. Paldino, E., Cardinale, A., D'Angelo, V., Sauve, I., Giampà, C., & Fusco, F. R. (2017). Selective sparing of striatal interneurons after poly (ADP-Ribose) polymerase 1 inhibition in the R6/2 mouse model of Huntington's disease. *Frontiers in Neuroanatomy*, 11, 61.
  21. Hardiman, O., Al-Chalabi, A., Chio, A., Corr, E. M., Logroscino, G., Robberecht, W., ... & Van Den Berg, L. H. (2017). Amyotrophic lateral sclerosis. *Nature reviews Disease primers*, 3(1), 1-19.
  22. Kim, S. H., Engelhardt, J. I., Henkel, J. S., Siklos, L., Soos, J., Goodman, C., & Appel, S. H. (2004). Widespread increased expression of the DNA repair enzyme PARP in brain in ALS. *Neurology*, 62(2), 319-322.
  23. McGurk, L., Mojsilovic-Petrovic, J., Van Deerlin, V. M., Shorter, J., Kalb, R. G., Lee, V. M., ... & Bonini, N. M. (2018). Nuclear poly (ADP-ribose) activity is a therapeutic target in amyotrophic lateral sclerosis. *Acta neuropathologica communications*, 6, 1-15.
  24. Drel, V. R., Xu, W., Zhang, J., Pavlov, I. A., Shevalye, H., Slusher, B., & Obrosova, I. G. (2009). Poly(Adenosine 5'-diphosphate-ribose) polymerase inhibition counteracts multiple manifestations of experimental type 1 diabetic nephropathy. *Endocrinology*, 150(12), 5273-5283.
  25. Li, Q., Jiao, Y., Yu, Y., Wang, G., & Yu, Y. (2019). Hydrogen-rich medium alleviates high glucose-induced oxidative stress and parthanatos in rat Schwann cells in vitro. *Molecular medicine reports*, 19(1), 338-344.
  26. Mukhopadhyay P., Horvath B., Kechrid M., Tanchian G., Rajesh M., Naura A.S., Boulares A.H., Pacher P. Poly(ADP-ribose) polymerase-1 is a key mediator of cisplatin-induced kidney inflammation and injury. *Free Radic. Biol. Med.* 2011;51:1774-1788.
  27. Kim J., Long K.E., Tang K., Padanilam B.J. Poly(ADP-ribose) polymerase 1 activation is required for cisplatin nephrotoxicity. *Kidney Int.* 2012;82:193-203.
  28. Garg J.P., Vucic D. Targeting Cell Death Pathways for Therapeutic Intervention in Kidney Diseases. *Semin. Nephrol.* 2016;36:153-161.
  29. Kalmar-Nagy K., Degrell P., Szabo A., Sumegi K., Wittmann I., Gallyas F., Jr., Sumegi B. PARP inhibition attenuates acute kidney allograft rejection by suppressing cell death pathways and activating PI-3K-Akt cascade. *PLoS ONE.* 2013;8:e81928.

30. Lu L.Q., Tian J., Luo X.J., Peng J. Targeting the pathways of regulated necrosis: A potential strategy for alleviation of cardio-cerebrovascular injury. *Cell. Mol. Life Sci.* 2021;78:63–78.
31. Wang X., Ge P. Parthanatos in the pathogenesis of nervous system diseases. *Neuroscience.* 2020;449:241–250.
32. Litton J.K., Rugo H.S., Ettl J., Hurvitz S.A., Goncalves A., Lee K.H., Fehrenbacher L., Yerushalmi R., Mina L.A., Martin M., et al. Talazoparib in Patients with Advanced Breast Cancer and a Germline BRCA Mutation. *N. Engl. J. Med.* 2018;379:753–763.
33. Cai, Z., Liu, C., Chang, C., Shen, C., Yin, Y., Yin, X., ... & Zhang, B. (2021). Comparative safety and tolerability of approved PARP inhibitors in cancer: A systematic review and network meta-analysis. *Pharmacological research*, 172, 105808.

## IMPROVING ORGAN DONATION SYSTEMS: BRIDGING THE GAP BETWEEN DEMAND AND SUPPLY

Ali Galip Ayvat <sup>1</sup>, Pinar Ayvat <sup>2</sup>

<sup>1</sup> Izmir Project Agency, Project Management Department, ORCID: 0000-0002-7249-0104

<sup>2</sup> Izmir Democracy University, Faculty of Medicine, Anesthesiology and Reanimation Department, ORCID: 0000-0002-9941-3109

### ABSTRACT

Organ donation is a critical aspect of modern medicine, addressing the growing burden of end-stage organ failure worldwide. Despite advancements in medical technology, a significant gap persists between the demand for organ transplants and the availability of donor organs. This study employs a data analysis to explore global trends, disparities, and challenges in organ donation systems. The findings reveal the importance of legislative frameworks, public awareness campaigns, and cultural sensitivity in enhancing donor registration and transplantation rates. The discussion highlights successful strategies, such as opt-out consent models and targeted public outreach, while addressing barriers posed by cultural and logistical factors. By synthesizing existing knowledge, this research provides actionable insights for developing equitable and effective organ donation systems globally.

**Keywords:** Organ donation, donation rates, cultural sensitivity.

### 1. INTRODUCTION

Organ donation has become an indispensable solution for patients with end-stage organ failure, offering a chance for survival and improved quality of life. However, a persistent gap exists between the demand for organs and their availability, leaving many patients on waiting lists and resulting in preventable deaths. This mismatch is not merely a medical challenge but a complex issue influenced by legislative frameworks, cultural norms, ethical considerations, and public awareness.

Countries worldwide display vast disparities in organ donation rates. For instance, Spain consistently leads with 49.4 donors per million population (pmp) due to its opt-out system and effective public awareness campaigns. In contrast, Germany, operating under an opt-in model, has one of the lowest rates in Europe, with only 11.6 donors pmp (Newsletter Transplant, 2024). These differences underscore the need for a nuanced, multidisciplinary approach to improve donation systems and increase donor availability.

Public awareness and education are essential components of successful organ donation programs. Misconceptions about organ donation, combined with cultural or religious opposition, continue to impede donor registration in many regions. Moreover, the COVID-19

pandemic exposed the vulnerability of organ donation systems to external disruptions, further emphasizing the need for resilience and sustainability in transplantation frameworks.

This study explores the critical issues surrounding organ donation by analyzing secondary data to uncover disparities in donation rates across different countries, identify key barriers, and examine potential strategies for improvement. By synthesizing existing evidence, it seeks to offer a comprehensive understanding of the factors influencing organ donation and provide actionable insights to address the global gap between organ supply and demand.

## **2. METHODS**

This study is based on a descriptive research model and examines the topic at a theoretical level by utilizing secondary data sources. The research adopts a quantitative approach, relying on data provided by publicly available, reputable sources such as the Newsletter Transplant, published by the European Committee on Organ Transplantation, as well as various other scientific reports and publications. All the data used in this study are secondary in nature. Secondary data analysis offers several advantages, including time and cost efficiency, as well as the opportunity to re-evaluate existing datasets to uncover new insights and conclusions (Goodwin, 2012; Johnston, 2014). By systematically analyzing data related to organ donation rates, legislative frameworks, and healthcare policies, the study identifies key factors influencing organ donation systems globally. Data were collected from international transplantation registries, national health reports, and global health organizations such as the World Health Organization (WHO). Metrics analyzed included donation rates (donors per million population), transplantation outcomes, and donor registration statistics.

This approach allows for a comprehensive examination of global organ donation systems by leveraging existing datasets and research, enabling the identification of critical barriers and successful strategies to improve organ donation practices.

## **3. RESULTS and DISCUSSION**

### **3.1 Global Trends in Organ Donation Rates**

Analysis of data highlights significant disparities in deceased organ donation rates among countries. Spain continues to lead globally, with 49.4 deceased donors per million population (pmp) in 2023, maintaining its position as a global benchmark in organ donation. This success is attributed to its presumed consent (opt-out) system, effective public awareness campaigns, and a well-coordinated national transplant organization. The United States follows with a rate of 44.5 deceased donors pmp, despite operating under an opt-in system. This performance reflects the effectiveness of its organ procurement organizations (OPOs) and targeted community outreach programs that address misconceptions and encourage donor registration.

In contrast, Germany, also employing an opt-in system, reported only 11.6 deceased donors pmp in 2023. This low rate is indicative of challenges such as limited public engagement, cultural hesitancy, and administrative barriers to donor registration.

Japan, at the lower end of the spectrum, reported an organ donation rate of just 1.2 pmp. Deeply rooted cultural beliefs regarding the sanctity of the body post-death remain a critical obstacle to donor registration, underscoring the role of societal attitudes in shaping donation rates.

These variations reflect the influence of national policies, healthcare infrastructure, and public attitudes on organ donation systems worldwide. The disparities also emphasize the need for tailored strategies that address country-specific challenges while leveraging best practices from high-performing nations.

### **3.2 Impact of Legislative Frameworks**

The analysis of international organ donation rates reveals a complex relationship between legislative frameworks and donation outcomes. Countries implementing opt-out (presumed consent) systems often report higher deceased organ donation rates compared to those with opt-in systems. For instance, Spain, operating under an opt-out model, leads globally with 49.4 deceased donors per million population (pmp) in 2023. In contrast, Germany, which employs an opt-in system, reported a lower rate of 11.6 deceased donors pmp in the same year (Newsletter Transplant, 2024). A dated, yet relevant study illustrated the significant disparity in consent rates between opt-in and opt-out systems such as Austria's opt-out system is associated with a consent rate of 99.98%, whereas Germany's opt-in approach corresponds to a consent rate of 12% (Johnson & Goldstein, 2003). However, these figures cannot establish a direct causal relationship between consent legislation and donation rates. A comprehensive analysis of 35 countries found no significant difference in deceased donor rates between opt-out (20.3 pmp) and opt-in (15.4 pmp) countries, suggesting that the type of consent system alone may not fully account for variations in donation rates (Arshad et al, 2019).

While opt-out systems are associated with higher organ donation rates, attributing this solely to legislative frameworks oversimplifies the issue. The effectiveness of an opt-out system may be contingent upon several factors. Therefore, the assumption that an opt-out system will automatically lead to higher donation rates is challenged by evidence indicating that such policies do not inherently increase donations. A study analyzing the impact of opt-out policies concluded that simply switching to an opt-out system does not automatically lead to more organ donations, emphasizing the need for a multifaceted approach to effectively increase donation rates (Molina-Pérez et al., 2022). While legislative frameworks play a significant role in shaping organ donation rates, they are part of a broader ecosystem that includes public engagement, healthcare infrastructure, and cultural contexts. Policymakers should adopt a holistic approach, considering these factors in tandem to design effective organ donation systems.



### 3.3 Cultural and Religious Barriers

Cultural and religious beliefs significantly influence organ donation rates across various countries. For instance, Japan reports a low deceased donor rate consistently attributed to cultural norms that emphasize the sanctity of the body after death. Similarly, in South Korea, Confucian principles that stress bodily integrity have been identified as barriers to organ donation. In societies where cultural norms prioritize bodily integrity, there is often resistance to organ donation. (Li et al., 2019). In contrast, nations that have implemented culturally sensitive public engagement strategies have seen higher donation rates such as Spain. Additionally, countries with predominantly Buddhist populations, such as those in Southeast Asia, exhibit low donation rates, influenced by beliefs that emphasize non-interference with the body after death. In some Muslim-majority countries, misconceptions about religious prohibitions against organ donation contribute to lower rates of donor registration. However, many Islamic scholars support organ donation, viewing it as an act of charity and saving lives, indicating that increased religious education could mitigate these barriers. Conversely, countries that have successfully increased organ donation rates often employ strategies that respect and incorporate cultural and religious values. Spain's success is attributed not only to its opt-out system but also to its efforts in engaging with various cultural and religious communities to address specific concerns and misconceptions (Doerry et al., 2022).

These observations suggest that addressing cultural and religious barriers requires a multifaceted approach:

- **Community Engagement:** Collaborating with community and religious leaders to foster dialogue and dispel myths about organ donation.
- **Educational Initiatives:** Implementing targeted education campaigns that respect cultural sensitivities and provide accurate information about the organ donation process.
- **Policy Adaptation:** Developing policies that are flexible and considerate of cultural and religious diversity, potentially including options for individuals to specify donation preferences that align with their beliefs.

By acknowledging and addressing these cultural and religious factors, countries can work towards reducing barriers to organ donation, ultimately increasing donor rates and saving lives.

### 3.4 Effect of Public Awareness Campaigns

Public awareness campaigns have been important in enhancing organ donation rates across various regions. For instance, a study conducted in Saudi Arabia demonstrated that knowledge-enhancing campaigns effectively improved public perception and awareness of organ donation and transplantation. Participants exposed to targeted educational interventions showed a significant increase in understanding and willingness to consider organ donation (Shaheen et al., 2024). Similarly, in the United States, increased digital engagement on platforms like X (previously Twitter) has been associated with higher donor registration rates. A study found that spikes in organ donation-related tweets correlated with a rise in donor sign-ups, indicating the influential role of social media in promoting organ donation (Basu et al., 2021).

Conversely, regions with limited public engagement efforts often report lower donor numbers. For example, in Queensland, Australia, the removal of organ donor status from driver's licenses over a decade ago led to a decline in registration rates. To address this, the state recently introduced an online feature allowing residents to register as organ donors during license or vehicle registration renewals, resulting in over 640 new registrations in its first week (Queensland Government, 2024).

The effectiveness of public awareness campaigns in increasing organ donation rates is well-documented. Educational initiatives that address common misconceptions, provide factual information, and humanize the donation process can significantly influence public attitudes. For instance, campaigns that share personal stories of donors and recipients help to humanize the donation process, fostering empathy and a personal connection to the cause (Shaheen et al., 2024). Social media platforms have emerged as powerful tools for disseminating information and engaging potential donors. The interactive nature of these platforms allows for real-time communication and community building, which can amplify the reach and impact of awareness campaigns. However, the content and delivery of messages are crucial; campaigns must be carefully crafted to avoid causing psychological reactance, where individuals may resist messages perceived as too forceful or intrusive (Jiang et al., 2019). Despite the successes of various campaigns, challenges remain. Some studies suggest that awareness activities alone may not lead to a sustained increase in donor registrations. This is because such campaigns often target individuals rather than addressing systemic issues or engaging entire communities. To maximize impact, awareness efforts should be part of a comprehensive strategy that includes policy support, community engagement, and integration with healthcare systems (Jha, 2016). In conclusion, while public awareness campaigns are essential components in promoting organ donation, their success depends on strategic planning, cultural sensitivity, and integration with broader initiatives. Tailored approaches that consider the unique cultural, social, and systemic factors of each community are more likely to yield positive results in increasing organ donation rates.

### **3.5 Disruptions During Global Health Crises**

The COVID-19 pandemic significantly disrupted organ donation and transplantation activities worldwide. In the United States, a 25% reduction in organ recovery was observed between February and April 2020, coinciding with the initial surge of COVID-19 cases (Merola et al., 2020). Similarly, France experienced a notable decline in deceased donor transplants during the same period (Penn Medicine News, 2020). A study focusing on the Central American and Caribbean region reported a substantial decrease in organ donation and transplantation rates during the pandemic, highlighting the widespread impact on healthcare systems in these areas (Castro-Santa et al., 2022). Furthermore, global analyses indicate that both deceased and living donor transplants were adversely affected, with significant reductions observed across various countries (Hontouche, 2023).

The observed declines in organ donation and transplantation rates during the COVID-19 pandemic can be attributed to several factors:

- **Healthcare System Strain:** The overwhelming influx of COVID-19 patients strained healthcare resources, leading to the postponement or cancellation of elective procedures, including organ transplants.
- **Infection Control Concerns:** Uncertainties regarding virus transmission through organ transplantation prompted caution, resulting in reduced donor referrals and transplant activities.
- **Resource Reallocation:** Medical personnel and equipment were redirected to manage COVID-19 cases, limiting the capacity to support organ donation and transplantation programs.

These disruptions underscore the need for resilient organ donation systems capable of adapting to global health crises. Developing contingency plans, ensuring adequate resource allocation, and establishing clear guidelines for safe transplantation practices during pandemics are essential steps to mitigate the impact of such crises on organ donation activities.

In summary, the COVID-19 pandemic highlighted vulnerabilities in organ donation systems worldwide. Building resilience through strategic planning and resource management is crucial to maintain transplantation activities during future global health emergencies.

#### 4. CONCLUSION

The global organ donation landscape is characterized by a persistent gap between supply and demand, resulting in prolonged waiting times and preventable deaths. This study has explored the various factors influencing organ donation rates worldwide, including legislative frameworks, cultural and religious beliefs, public awareness efforts, and systemic vulnerabilities exposed during global health crises. The findings highlight that improving organ donation rates requires a multifaceted approach rather than a single policy change.

One of the most significant factors influencing organ donation rates is the legislative framework. Countries with opt-out (presumed consent) systems report significantly higher donor rates compared to those with opt-in systems. However, while opt-out systems create a legal foundation for increasing donor pools, they do not automatically translate into higher donation rates without supportive public engagement, healthcare infrastructure, and cultural acceptance.

Cultural and religious beliefs play a critical role in shaping public attitudes toward organ donation. Deeply ingrained traditions, religious teachings, and societal misconceptions act as barriers in many regions. However, successful cases show that these barriers can be overcome through tailored educational initiatives and community-driven approaches.

The impact of public awareness campaigns on organ donation rates cannot be overstated. Countries that have implemented well-structured, long-term campaigns—leveraging media, community leaders, and digital platforms—have observed substantial improvements in donor registration. Social media engagement has emerged as a powerful tool in promoting organ donation, allowing for real-time interaction, myth-busting, and mobilization of potential

donors. However, awareness alone does not guarantee sustained participation. Instead, it must be integrated with policy support and healthcare system coordination to maximize its effectiveness.

The COVID-19 pandemic underscored the vulnerability of organ donation systems to external shocks. The diversion of healthcare resources, infection control measures, and the postponement of elective medical procedures led to a sharp decline in organ transplants worldwide. This disruption highlights the need for resilient and adaptive organ donation systems capable of functioning during health emergencies. Future preparedness strategies should include contingency plans, infection prevention protocols, and technological innovations to ensure the continuity of transplantation services even during crises.

Based on the findings of this study, several key recommendations emerge:

- **Policy Reforms with Public Engagement:** While opt-out systems have demonstrated success in several countries, simply implementing a presumed consent law is not a universal solution. Policymakers should complement legislative reforms with comprehensive public engagement strategies to ensure societal acceptance and minimize resistance.
- **Culturally and Religiously Sensitive Education Programs:** Governments and healthcare organizations should collaborate with cultural and religious leaders to dispel myths and foster support for organ donation within communities where skepticism is prevalent.
- **Integration of Digital and Traditional Media in Awareness Campaigns:** Social media platforms, in combination with traditional mass media, should be utilized to reach diverse demographics and facilitate donor registration in an accessible and interactive manner.
- **Strengthening Healthcare Infrastructure for Organ Procurement:** Efficient organ donation systems require adequate resources, trained personnel, and streamlined coordination among hospitals, transplant centers, and donor organizations.
- **Developing Crisis-Resilient Organ Donation Systems:** Future research should focus on building robust transplantation networks that can withstand global health crises. Technological advancements such as telemedicine, artificial intelligence in donor-recipient matching, and decentralized organ procurement logistics could contribute to greater system efficiency.

The challenge of bridging the gap between organ supply and demand is multifaceted and requires a comprehensive, multidisciplinary approach. Countries that have succeeded in increasing donation rates have done so through a combination of strong legal frameworks, public awareness initiatives, healthcare system investments, and culturally inclusive policies. Moving forward, global collaboration, research innovation, and adaptive policy frameworks will be key to ensuring that more lives are saved through increased access to life-saving organ transplants.

While the current disparities in organ donation rates remain a significant public health concern, they also present an opportunity for targeted interventions and improvements. By learning from

the successes and challenges faced by different nations, the international community can work toward a more equitable, efficient, and sustainable organ donation system for the future.

## REFERENCES

- Arshad, A., Anderson, B., & Sharif, A. (2019). Comparison of organ donation and transplantation rates between opt-out and opt-in systems. *Kidney international*, 95(6), 1453–1460. <https://doi.org/10.1016/j.kint.2019.01.036>
- Basu, G., Nair, S., Bek S.G., S., Dheerendra, P., Penmatsa, K. R., Balasubramanian, K., Shingada, A., Conjeevaram A. (2021). Social media and organ donation-A narrative review. *Indian Journal of Transplantation*, vol.15, no.2, 139-146. doi:10.4103/ijot.ijot\_138\_20
- Castro-Santa, E., Lopez- Barrantes, A., Calvo-Durán, J. C., Castro-Benitez, C., Matamoros, M. A. (2022). Impact of the COVID-19 Pandemic on the Rate of Organ Donation and Transplantation in the Central American And Caribbean Region. *Transplantation*, 106(9S), 223 <https://doi.org/10.1097/01.tp.0000886516.66647.00>
- Doerry, K., Oh, J., Vincent, D., Fischer, L., & Schulz-Jürgensen, S. (2022). Religious and cultural aspects of organ donation: Narrowing the gap through understanding different religious beliefs. *Pediatric transplantation*, 26(7), e14339. <https://doi.org/10.1111/ptr.14339>
- Goodwin, J. (2012). *SAGE secondary data analysis*. (Vols. 1-0). SAGE Publications Ltd, <https://doi.org/10.4135/9781473963702>
- Hantouche, M., Lara Carrion, L., Porcu, E., & Bramstedt, K. A. (2022). The effect of the COVID-19 pandemic on deceased and living organ donors in the United States of America. *Scientific reports*, 12(1), 20651. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-24351-x>
- Jha, V. (2016). Why organ donation awareness activities alone will not improve organ donation? The George Institute for Global Health. <https://www.georgeinstitute.org/profiles/why-organ-donation-awareness-activities-alone-will-not-improve-organ-donation> (Accessed: 29.01.2025)
- Jiang, X., Jiang, W., Cai, J., Su, Q., Zhou, Z., He, L., & Lai, K. (2019). Characterizing Media Content and Effects of Organ Donation on a Social Media Platform: Content Analysis. *Journal of medical Internet research*, 21(3), e13058. <https://doi.org/10.2196/13058>
- Johnson, E. J., & Goldstein, D. (2003). Medicine. Do defaults save lives?. *Science (New York, N.Y.)*, 302(5649), 1338–1339. <https://doi.org/10.1126/science.1091721>
- Johnston, M. P. (2014). Secondary data analysis: A method of which the time has come. *Qualitative and Quantitative Methods in Libraries*, 3(3), 619-626.
- Li, M. T., Hillyer, G. C., Husain, S. A., & Mohan, S. (2019). Cultural barriers to organ donation among Chinese and Korean individuals in the United States: a systematic

review. *Transplant international : official journal of the European Society for Organ Transplantation*, 32(10), 1001–1018. <https://doi.org/10.1111/tri.13439>

Merola, J., Schilsky, M. L., & Mulligan, D. C. (2020). The Impact of COVID-19 on Organ Donation, Procurement, and Liver Transplantation in the United States. *Hepatology communications*, 5(1), 5–11. <https://doi.org/10.1002/hep4.1620>

Molina-Pérez, A., Rodríguez-Arias, D., & Delgado, J. (2022). Differential impact of opt-in, opt-out policies on deceased organ donation rates: a mixed conceptual and empirical study. *BMJ open*, 12(9), e057107. <https://doi.org/10.1136/bmjopen-2021-057107>

Newsletter Transplant. (2024). International figures on donation and transplantation 2023. EDQM, Volume 29.

Penn Medicine News (2020). Steep Decline in Organ Transplants Amid COVID-19 Outbreak. <https://www.pennmedicine.org/news/news-releases/2020/may/steep-decline-in-organ-transplants-amid-covid19-outbreak#:~:text=The%20team%20observed%20a%20strong,on%20April%205%2C%20investigators%20found>. (Accessed: 30.01.2025)

Queensland Government. (2024). Queensland first initiative sees hundreds of registrations for organ donation. The Queensland Cabinet and Ministerial Directory. <https://statements.qld.gov.au/statements/100948> (Accessed: 29.01.2025)

Shaheen, M. F., Bukhari, R., Almutairi, T. M., Altheaby, A., Altamimi, A., & Bin Saad, K. (2024). Enhancing Transplant Awareness and Acceptance Through Targeting Knowledge Gaps and Common Misconceptions. *Cureus*, 16(1), e52303. <https://doi.org/10.7759/cureus.52303>

## **DECARBONIZING HEALTHCARE: THE NEED FOR MORE SUSTAINABLE MEDICAL FACILITIES AND HOSPITALS**

**Ali Galip Ayvat <sup>1</sup>, Pinar Ayvat <sup>2</sup>**

<sup>1</sup> Izmir Project Agency, Project Management Department, ORCID: 0000-0002-7249-0104

<sup>2</sup> Izmir Democracy University, Faculty of Medicine, Anesthesiology and Reanimation  
Department, ORCID: 0000-0002-9941-3109

### **ABSTRACT**

The healthcare sector plays a dual role in modern society: It is essential for maintaining public health while simultaneously contributing significantly to environmental degradation. Hospitals and medical facilities are among the largest sources of carbon emissions within the industry, driven by high energy consumption, extensive waste generation, and complex supply chains. This study explores the urgent need to decarbonize healthcare facilities, examining current challenges, regulatory frameworks, and emerging opportunities. Using a secondary data analysis approach, this research identifies key areas for intervention, including energy efficiency, waste management, sustainable procurement, and policy-driven incentives. Findings highlight the necessity of integrating renewable energy solutions, optimizing hospital infrastructure, and fostering a culture of sustainability within healthcare organizations. While financial and regulatory constraints pose challenges, advancements in green healthcare technologies, policy reforms, and strategic collaborations present viable solutions for reducing the sector's carbon footprint. The study underscores the importance of aligning healthcare decarbonization efforts with the United Nations Sustainable Development Goals (SDGs), advocating for a holistic approach that balances environmental responsibility with high-quality patient care. Addressing these concerns is not only a climate imperative but also an ethical responsibility to ensure a sustainable future for global healthcare systems.

**Keywords:** Healthcare decarbonization, sustainable hospitals, medical waste management, renewable energy, carbon footprint reduction.

## 1. INTRODUCTION

The healthcare sector, while fundamentally committed to promoting health and well-being, significantly contributes to environmental degradation. Globally, healthcare is responsible for approximately 4.4% to 5.2% of greenhouse gas (GHG) emissions, a figure that surpasses the aviation industry's contribution of about 2% to 5% (Dzau, 2021). In the United States alone, the healthcare sector accounts for 8.5% of the nation's emissions, underscoring the substantial environmental footprint of medical services (Lakatos et al., 2023).

Hospitals, as the cornerstone of healthcare delivery, are particularly energy-intensive. On average, they consume 2.5 times more energy than standard commercial buildings, owing to the continuous operation of advanced medical equipment, stringent climate control requirements, and the necessity for sterilization processes (Lee et al., 2023). This high energy demand not only escalates operational costs but also amplifies the sector's carbon footprint.

Beyond energy consumption, the healthcare sector faces challenges in waste management. High-income countries generate up to 0.5 kilograms of hazardous waste per hospital bed daily, contributing to environmental pollution and health risks if not managed properly (Hough & Cohen Tanugi-Carresse, 2024). The supply chain further exacerbates the issue, with 71% of healthcare emissions stemming from the production, transportation, and disposal of goods and services (Mortimer et al., 2018).

Recognizing these challenges, there is a growing imperative to decarbonize healthcare facilities. Decarbonization involves implementing strategies to reduce carbon emissions through energy efficiency, sustainable procurement, waste reduction, and the integration of renewable energy sources. The American Society for Health Care Engineering (ASHE) emphasizes the necessity of decarbonization in healthcare, advocating for tools and resources to assist facilities in reducing their carbon footprint (ASHE, 2024).

The urgency of this transition is further highlighted by the increasing frequency of climate-related health issues, such as heat-related illnesses and respiratory conditions exacerbated by poor air quality. By adopting sustainable practices, healthcare facilities can mitigate their environmental impact and enhance public health outcomes. This dual benefit underscores the ethical responsibility of the healthcare sector to lead in environmental stewardship. The decarbonization of healthcare is not only a critical environmental and public health issue but is also closely aligned with the United Nations Sustainable Development Goals (SDGs). Specifically, several SDGs emphasize the importance of sustainable healthcare practices:

**SDG 3: Good Health and Well-being** – A sustainable healthcare system reduces pollution, limits exposure to harmful emissions, and ensures long-term access to quality care by mitigating climate change-related health risks.

**SDG 7: Affordable and Clean Energy** – Transitioning healthcare facilities to energy-efficient systems and integrating renewable energy sources contribute to reducing the sector's reliance on fossil fuels.



SDG 12: Responsible Consumption and Production – Hospitals generate vast amounts of medical waste, and implementing circular economy principles can help reduce resource consumption and improve waste management efficiency.

SDG 13: Climate Action – Decarbonizing healthcare is an essential step in reducing the sector's carbon footprint and contributing to broader climate mitigation efforts.

SDG 17: Partnerships for the Goals – Collaboration between governments, healthcare institutions, and private sector stakeholders is essential for implementing large-scale sustainability initiatives in healthcare.

Recognizing the alignment between healthcare sustainability efforts and the SDGs reinforces the ethical and global responsibility of the healthcare sector to reduce its environmental impact while maintaining high standards of patient care.

Decarbonizing healthcare is not merely an environmental imperative but also a critical component of advancing public health. By addressing the carbon footprint of medical facilities, the healthcare sector can fulfill its mission to "do no harm" in a more comprehensive sense, safeguarding both individual patient health and the broader ecological systems upon which humanity depends.

## 2. METHODS

This study employs a descriptive research model to examine the decarbonization of healthcare facilities, focusing on secondary data analysis. A comprehensive review of existing literature, reports, and case studies from peer-reviewed journals, global health organizations, and sustainability initiatives was conducted to assess key factors influencing carbon emissions in the healthcare sector.

### Research Approach

The research adopts a quantitative and qualitative secondary data analysis approach, synthesizing publicly available data on hospital energy consumption, waste management, water use, procurement practices, and transportation-related emissions. The study does not involve primary data collection but relies on validated datasets and published research findings.

### Data Sources

The study utilizes reliable and authoritative sources, including:

- Peer-reviewed academic journals from databases such as *PubMed*, *Google Scholar*, and *Scopus* on healthcare sustainability, carbon footprint assessments, and energy efficiency initiatives.
- Global health and environmental organizations, including the World Health Organization (WHO), Health Care Without Harm (HCWH), and United Nations Sustainable Development Goals (SDG) reports.
- Governmental and institutional reports, such as publications from the American Society for Health Care Engineering (ASHE) and European healthcare decarbonization initiatives.

## Data Analysis and Interpretation

The collected data were analyzed to identify key trends, disparities, and best practices related to decarbonizing healthcare facilities. The study specifically focused on:

- **Energy Consumption Trends** – Measuring the carbon footprint of hospitals based on energy usage patterns.
- **Waste Management Practices** – Assessing strategies for medical waste reduction and sustainable disposal methods.
- **Water Conservation Strategies** – Evaluating water efficiency measures implemented in hospitals.
- **Sustainable Procurement and Supply Chain** – Reviewing policies that reduce embedded carbon in medical supplies.
- **Transportation Impact** – Analyzing how patient, staff, and supply transportation contribute to emissions.

## Limitations

- The study is limited to secondary data sources, and findings are based on previously published reports rather than direct field research.
- Regional differences in healthcare infrastructure and sustainability policies may affect the applicability of certain strategies across different healthcare systems.
- Some data gaps exist in sector-specific carbon footprint calculations, particularly in low-income settings where sustainability reporting is less comprehensive.

Despite these limitations, this study provides a holistic and evidence-based perspective on decarbonizing healthcare facilities, offering insights into best practices and policy recommendations for reducing the carbon footprint of hospitals globally.

## 3. RESULTS and DISCUSSION

### 3.1 Current Challenges in Decarbonizing Healthcare

The healthcare sector faces several significant challenges in its efforts to decarbonize and transition toward more sustainable practices. These challenges span various domains, including infrastructure, operations, policy, and cultural attitudes within the industry.

#### Infrastructure and Energy Consumption

Hospitals and healthcare facilities are inherently energy-intensive due to the need for continuous operation of advanced medical equipment, stringent climate control, and sterilization processes. Implementing energy-efficient systems and integrating renewable energy sources require substantial capital investment and long-term planning, which can be prohibitive for many institutions. Additionally, retrofitting existing facilities to meet modern energy standards poses technical and financial challenges. The healthcare sector must navigate the challenge of caring for individuals affected by climate change while being a significant emitter of carbon emissions. This dual role complicates efforts to reduce the sector's carbon footprint (Kloevekorn et al., 2021).

#### Waste Management

The generation of medical waste, particularly hazardous and single-use items, presents a significant environmental challenge. Developing effective waste reduction and recycling

programs is essential but often hindered by regulatory requirements, safety concerns, and the need for specialized disposal methods. High-income countries generate up to 0.5 kilograms of hazardous waste per hospital bed daily, contributing to environmental pollution and health risks if not managed properly (World Health Organization, 2023). The COVID-19 pandemic has most probably exacerbated this issue, with increased use of disposable personal protective equipment leading to a surge in medical waste.

### **Supply Chain Emissions**

A substantial portion of healthcare's carbon footprint originates from its supply chain, including the production, transportation, and disposal of medical goods and services. Addressing these indirect emissions, known as Scope 3 emissions, requires comprehensive strategies involving suppliers and manufacturers to adopt sustainable practices. However, influencing and regulating an extensive and complex supply chain remains a formidable challenge. The procurement of medical devices, pharmaceuticals, and food services contributes significantly to emissions, accounting for nearly 71% of the healthcare sector's total footprint (Lenzen et al., 2020).

### **Policy and Regulatory Barriers**

The absence of standardized policies and regulations promoting sustainability in healthcare impedes progress. Inconsistent guidelines across regions and countries create disparities in implementation and enforcement. Moreover, existing healthcare policies often prioritize immediate patient care outcomes over long-term environmental considerations, leading to a lack of incentives for institutions to invest in sustainable practices. Rapid action to decarbonize economies and build resilience is justified on health, human rights, environmental, and economic grounds. However, the necessary health response is wide-ranging and can largely be encapsulated within three grand challenges: promoting actions that both reduce carbon emissions and improve health; building better, more climate-resilient and low-carbon health systems; and implementing public health measures to protect from the range of climate risks to health (Campbell-Lendrum et al., 2023).

### **Cultural and Behavioral Factors**

There is a prevailing lack of awareness and education regarding the environmental impact of healthcare operations among professionals and stakeholders. Changing established practices and behaviors to incorporate sustainability requires a cultural shift within the industry. Overcoming resistance to change, addressing misconceptions about the costs and benefits of sustainable practices, and fostering a culture of environmental stewardship are critical yet challenging endeavors. Healthcare professionals may be unaware of greenhouse gas emissions and the long-term environmental effects of the medications they prescribe, dispense, and administer daily. Recognizing and reducing the climate change impacts associated with medication use is essential.

### **Financial Constraints**

The initial costs associated with implementing sustainable technologies and practices can be substantial. Many healthcare facilities operate under tight budgetary constraints, making it difficult to allocate funds for sustainability initiatives. Additionally, the financial benefits of such investments, such as energy savings and reduced waste disposal costs, often materialize over the long term, which may not align with the short-term financial planning horizons of many institutions. Climate change poses a threat to healthcare systems; at the same time, healthcare systems contribute to a worsening climate. Climate-induced disasters are predicted to increase both the demand for healthcare services while also posing a threat to the integrity of healthcare systems' infrastructures and supply chains (Lakatos et al., 2023).

### **Equity Considerations**

Ensuring that decarbonization efforts do not exacerbate existing health disparities is a significant concern. Resource-limited settings may lack the capacity to implement sustainable practices, leading to unequal progress in healthcare decarbonization. Developing fair pathways to net-zero healthcare that consider health and socioeconomic inequalities within and between countries is essential (Bhopal & Norheim, 2023).

Addressing these challenges necessitates a multifaceted approach involving technological innovation, policy reform, stakeholder engagement, and a fundamental shift in the healthcare sector's culture toward sustainability. By recognizing and tackling these obstacles, the healthcare industry can make significant strides in reducing its environmental impact while continuing to provide high-quality patient care.

### **3.2 Key Areas of Sustainability in Healthcare Facilities**

Achieving sustainability in healthcare facilities involves a comprehensive approach that addresses various interconnected domains. Focusing on these key areas can lead to significant environmental, economic, and social benefits.

#### **Energy Efficiency and Renewable Energy**

Healthcare facilities are among the most energy-intensive buildings, operating continuously to provide critical services. Implementing energy-efficient systems, such as advanced heating, ventilation, and air conditioning (HVAC) systems, energy-efficient lighting, and building automation systems, can substantially reduce energy consumption. Additionally, integrating renewable energy sources, like solar or wind power, can further diminish the carbon footprint of healthcare operations. Mostepaniuk et al. (2023) emphasize the importance of rational resource consumption and environmental supply chain management in enhancing the sustainability of healthcare organizations.

#### **Sustainable Waste Management**

Effective waste management is crucial in healthcare settings due to the significant volume of both hazardous and non-hazardous waste generated. Implementing comprehensive recycling programs, reducing single-use items, and properly segregating waste streams can minimize

environmental impact. Mortimer, Isherwood, and Vaux (2018) advocate for redefining value in healthcare by measuring health outcomes against environmental and social impacts, highlighting the need for sustainable waste management practices.

### **Sustainable Procurement Practices**

The procurement process in healthcare significantly influences environmental sustainability. Adopting sustainable procurement practices involves selecting products and services that have a reduced environmental impact throughout their lifecycle. This includes choosing suppliers committed to sustainability, purchasing energy-efficient equipment, and opting for products with minimal packaging. A systematic review by Mostepaniuk et al. (2023) suggests that environmental supply chain management is a key practice for pursuing sustainability in healthcare organizations.

### **Water Conservation**

Water is a critical resource in healthcare facilities, used extensively in various processes, including sanitation, sterilization, and patient care. Implementing water-saving technologies, such as low-flow fixtures, efficient irrigation systems, and water recycling processes, can significantly reduce water consumption. These measures not only conserve water but also reduce the energy required for water heating and treatment, contributing to overall sustainability.

### **Sustainable Building Design and Construction**

Incorporating sustainable design principles in the construction and renovation of healthcare facilities can lead to long-term environmental benefits. This includes using sustainable building materials, optimizing natural lighting, and designing for energy efficiency. Evidence-based design approaches can create healing environments that improve patient outcomes while reducing environmental impact. Phiri and Chen (2014) discuss the integration of sustainability and evidence-based design in healthcare estates, highlighting the benefits of such approaches.

### **Promoting a Culture of Sustainability**

Fostering a culture that prioritizes sustainability within healthcare organizations is essential for the successful implementation of sustainable practices. This involves engaging leadership, training staff, and encouraging sustainable behaviors at all levels. Braithwaite et al. (2017) emphasize the importance of cultural change in sustaining health system improvements and interventions.

By focusing on these key areas, healthcare facilities can make significant strides toward sustainability, ultimately leading to improved health outcomes and reduced environmental impact.

### **3.3 Policy and Regulatory Considerations**

Decarbonizing healthcare facilities necessitates navigating a complex landscape of policies and regulations at various governmental levels. Understanding and engaging with these frameworks are crucial for healthcare organizations aiming to reduce their carbon footprint.

#### **National and International Commitments**

Globally, healthcare systems are recognizing their role in mitigating climate change. For instance, the U.S. Department of Health and Human Services (HHS) has urged hospitals to commit to reducing greenhouse gas emissions by 50% by 2030 and achieving net-zero emissions by 2050 (HHS, 2022). Similarly, international agreements like the Paris Agreement set broad targets for emission reductions, influencing national policies that impact healthcare operations.

#### **Regulatory Frameworks**

Healthcare facilities must comply with a myriad of environmental regulations that govern emissions, waste management, and energy use. The Inflation Reduction Act of 2022 in the USA, for example, provides incentives to accelerate decarbonization across the economy, including the healthcare system, and helps offset the cost of sustainable investments (The Commonwealth Fund, 2024). Additionally, state and local jurisdictions are setting environmental sustainability and decarbonization goals for commercial buildings, including healthcare facilities, holding them accountable for tracking their energy consumption and greenhouse gas emissions (ASHE, 2024).

#### **Incentives and Funding Opportunities**

Various policies offer financial incentives to support decarbonization efforts. The Inflation Reduction Act of 2022 in the USA provides incentives to accelerate decarbonization across the economy, including the healthcare system, and helps offset the cost of sustainable investments (The Commonwealth Fund, 2024). Healthcare organizations can leverage these incentives to invest in energy-efficient technologies and renewable energy sources.

#### **Reporting and Accountability**

There is an increasing emphasis on transparency and accountability in environmental performance. Healthcare organizations are encouraged, and in some cases required, to report their greenhouse gas emissions and progress toward sustainability goals. This reporting is essential for benchmarking, identifying improvement areas, and demonstrating commitment to stakeholders.

#### **Challenges and Barriers**

Navigating the policy and regulatory environment presents challenges, including staying abreast of evolving regulations, managing compliance costs, and addressing potential conflicts between environmental goals and healthcare delivery priorities. Proactive engagement with policymakers and participation in advocacy can help healthcare organizations influence policies that facilitate decarbonization while ensuring the continued delivery of high-quality care.

In summary, healthcare organizations must actively engage with policy and regulatory frameworks to successfully decarbonize. By understanding and leveraging existing policies, complying with regulations, and seizing available incentives, healthcare facilities can make significant strides toward sustainability.

### **3.4 Effect of Public Awareness Campaigns**

The imperative to decarbonize healthcare presents numerous opportunities for innovation and improvement. By embracing sustainable practices, healthcare systems can enhance patient care, reduce costs, and contribute to global environmental goals.

#### **Technological Innovations**

Advancements in medical technology offer avenues to reduce the carbon footprint of healthcare. The adoption of telemedicine can decrease the need for patient travel, thereby reducing associated emissions. Additionally, the development of energy-efficient medical devices and the implementation of digital health records can streamline operations and minimize resource use. Lee et al. (2023) emphasize the role of healthcare organizations in driving the transition to a net-zero carbon future through such innovations.

#### **Sustainable Supply Chain Management**

Reevaluating procurement processes to prioritize environmentally friendly products can significantly reduce healthcare's environmental impact. Engaging with suppliers to source sustainable materials, opting for reusable or recyclable products, and reducing packaging waste are critical steps. Collaborative efforts, such as the roundtable convened by Kaiser Permanente and Health Care Without Harm, highlight the importance of collective action in decarbonizing the healthcare supply chain (Roundtable on Decarbonizing the Healthcare Value Chain, 2023).

#### **Policy Development and Implementation**

Establishing comprehensive policies that mandate and incentivize sustainable practices is crucial. Governments and healthcare organizations can develop frameworks that set emission reduction targets, promote the use of renewable energy, and enforce sustainable waste management practices. A review by Hough and Cohen Tanugi-Carresse (2024) underscores the need for national incentives, including standardized metrics and reporting, to drive broader action in healthcare decarbonization.

#### **Education and Training**

Integrating sustainability into medical education and ongoing professional development can foster a culture of environmental stewardship. Training healthcare professionals in sustainable practices ensures that they are equipped to implement and advocate for environmentally friendly initiatives within their organizations. This cultural shift is essential for the long-term success of decarbonization efforts.

### **Research and Collaboration**

Investing in research to identify effective strategies for reducing emissions in healthcare is vital. Collaborations between healthcare institutions, academia, and industry can lead to the development of innovative solutions tailored to the unique challenges of the sector. Bhopal and Norheim (2023) explore the challenges and opportunities of healthcare decarbonization, outlining principles for fair pathways to net-zero healthcare.

### **Global Equity Considerations**

Efforts to decarbonize healthcare must account for disparities between high-income and low- and middle-income countries (LMICs). Strategies should be adaptable to different resource settings, ensuring that sustainability initiatives do not exacerbate existing health inequities. Rasheed et al. (2021) highlight the importance of integrating emissions reduction into plans for universal health coverage in LMICs.

By seizing these opportunities, the healthcare sector can lead the way toward a more sustainable future, aligning its operations with broader public health and environmental stewardship goals.

## **4. CONCLUSION**

The healthcare sector plays a crucial role in safeguarding public health, yet its operations significantly contribute to environmental degradation. Hospitals and medical facilities, due to their continuous energy demands, waste generation, and extensive supply chains, are among the largest carbon emitters within the healthcare system. Addressing this paradox is essential to ensuring a more sustainable and resilient healthcare infrastructure.

This study highlights the key challenges and opportunities associated with decarbonizing healthcare facilities. Barriers such as high energy consumption, unsustainable procurement practices, regulatory constraints, and financial limitations must be systematically addressed to create lasting change. While technological advancements, sustainable waste management, and policy interventions provide viable solutions, a comprehensive, multi-sectoral approach is required for meaningful progress.

A shift toward energy-efficient hospital infrastructure, integration of renewable energy sources, and responsible waste disposal practices will significantly reduce healthcare's carbon footprint. Furthermore, sustainable procurement strategies and enhanced supply chain transparency can lead to more environmentally conscious purchasing decisions, thereby reducing indirect emissions associated with healthcare operations. Policy and regulatory frameworks must evolve to provide clear guidelines, financial incentives, and accountability mechanisms to support healthcare institutions in adopting sustainable practices. Government agencies, international organizations, and industry stakeholders must collaborate to ensure that climate-conscious policies are seamlessly integrated into healthcare governance structures.



Education and awareness play a fundamental role in ensuring long-term sustainability. Encouraging healthcare professionals to adopt climate-conscious practices and equipping them with sustainability-focused training programs will foster a culture of environmental responsibility across the sector. Research and innovation must continue to explore new ways of reducing emissions in clinical settings, driving the adoption of green healthcare technologies and low-carbon treatment pathways.

Furthermore, global equity considerations must remain a central focus in the healthcare decarbonization movement. Low- and middle-income countries face unique challenges in implementing sustainability measures due to limited resources and infrastructure constraints. Therefore, international cooperation, funding mechanisms, and knowledge-sharing initiatives are vital to ensuring that sustainability efforts do not widen existing health disparities.

Ultimately, decarbonizing healthcare is not merely an environmental obligation but also a moral and ethical responsibility. A healthcare system that is committed to “first, do no harm” must extend this principle beyond patient care and embrace climate action as a critical component of public health stewardship. By prioritizing sustainability in hospital operations, procurement decisions, and policy frameworks, the healthcare sector can lead by example, demonstrating that environmental responsibility and quality patient care are not mutually exclusive but inherently intertwined.

The path to a sustainable, net-zero healthcare system is complex but achievable. Through technological innovation, strategic policymaking, and collective action, healthcare institutions worldwide can drive a paradigm shift that not only mitigates their environmental impact but also ensures a healthier, more sustainable future for generations to come.

## REFERENCES

- ASHE. (2024). Decarbonizing Health Care Facilities. <https://www.ashe.org/sustainability/decarbonization> (Accessed: 29.01.2025)
- Bhopal, A., & Norheim, O. F. (2023). Fair pathways to net-zero healthcare. *Nature Medicine*, 29(5), 1078–1084. <https://doi.org/10.1038/s41591-023-02351-2>
- Braithwaite, J., Testa, L., Lamprell, G., Herkes, J., Ludlow, K., & Hibbert, P. (2017). Built to last? The sustainability of health system improvements, interventions, and change strategies: A study protocol for a systematic review. *BMJ Open*, 7(11), e018568. <https://doi.org/10.1136/bmjopen-2017-018568>
- Campbell-Lendrum, D., Neville, T., Schweizer, C., & Neira, M. (2023). Climate change and health: three grand challenges. *Nature medicine*, 29(7), 1631–1638. <https://doi.org/10.1038/s41591-023-02438-w>
- Dzau, V. J. (2021). Decarbonizing the U.S. health sector—A call to action. *New England Journal of Medicine*, 385(24), 2117-2119. <https://doi.org/10.1056/NEJMp2115675>
- Health and Human Services-US Department (HHS). (2022). HHS Launches Pledge Initiative to Mobilize Health Care Sector to Reduce Emissions. <https://medsocietiesforclimatehealth.org/latest-news/hhs-pledges-decarbonization/> (Accessed: 31.01.2025)
- Hough, E., & Cohen Tanugi-Carresse, A. (2024). Supporting decarbonization of health systems—A review of international policy and practice on health care and climate change. *Current Environmental Health Reports*, 11(2), 266-278. <https://doi.org/10.1007/s40572-024-00434-x>
- Kloevekor, L., Roemeling, O., Fakha, A., Hage, E., & Smailhodzic, E. (2024). Decarbonizing surgical care: a qualitative systematic review guided by the Congruence Model. *BMC health services research*, 24(1), 1456. <https://doi.org/10.1186/s12913-024-11929-6>
- Lakatos, K., Teherani, A., Thottathil, S. E., Gandhi, S., Weiser, S. D., & Brindis, C. D. (2023). A race to net zero—Early lessons from healthcare's decarbonization marathon. *Health Affairs Scholar*, 1(1), qxad006. <https://doi.org/10.1093/haschl/qxad006>
- Lee, V. S., Gerwig, K., Hough, E., Mate, K., Biggio, R., & Kaplan, R. S. (2023). Decarbonizing health care: Engaging leaders in change. *NEJM Catalyst Innovations in Care Delivery*, 4(5). doi:10.1056/CAT.22.0433
- Lenzen, M., Malik, A., Li, M., Fry, J., Weisz, H., Pichler, P. P., & Geschke, A. (2020). The environmental footprint of health care: A global assessment. *The Lancet Planetary Health*, 4(7), e271-e279. [https://doi.org/10.1016/S2542-5196\(20\)30121-2](https://doi.org/10.1016/S2542-5196(20)30121-2)

Mortimer, F., Isherwood, J., & Vaux, E. (2018). Sustainability in quality improvement: Redefining value. *Future Healthcare Journal*, 5(2), 88-93.  
<https://doi.org/10.7861/futurehosp.5-2-88>

Mostepaniuk, A., Akalin, T., & Parish, M. R. (2023). Practices pursuing the sustainability of a healthcare organization: A systematic review. *Sustainability*, 15(3), 2353.  
<https://doi.org/10.3390/su15032353>

Phiri, M., & Chen, B. (2014). *Sustainability and evidence-based design in healthcare estate*. Springer.

Rasheed, F. N., Baddley, J., Prabhakaran, P., De Barros, E. F., Reddy, K. S., Vianna, N. A., & Marten, R. (2021). Decarbonising healthcare in low and middle-income countries. *BMJ*, 375, e065969. <https://doi.org/10.1136/bmj.n1284>

Roundtable on Decarbonizing the Healthcare Value Chain. (2023). *Catalyzing Collective Action to Decarbonize Healthcare*. [https://supplier.kp.org/impactspending/wp-content/uploads/sites/2/2023/06/Catalyzing-Collective-Action-to-Decarbonize-Healthcare\\_FINAL\\_6-7-23.pdf](https://supplier.kp.org/impactspending/wp-content/uploads/sites/2/2023/06/Catalyzing-Collective-Action-to-Decarbonize-Healthcare_FINAL_6-7-23.pdf) (Accessed: 01.02.2025)

The Commonwealth Fund. (2024). Decarbonizing the Health Care System. [https://www.commonwealthfund.org/sites/default/files/2024-03/Decarbonizing%20the%20Health%20Care%20System%20Guide\\_20240304.pdf](https://www.commonwealthfund.org/sites/default/files/2024-03/Decarbonizing%20the%20Health%20Care%20System%20Guide_20240304.pdf) (Accessed: 31.01.2025)

World Health Organization. (2023). Health-care waste. <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/health-care-waste> (Accessed: 01.02.2025)

## BİNA YANGINLARI: HALK SAĞLIĞI PERSPEKTİFİNDEN DEĞERLENDİRME

**Dr. Öğr. Üyesi Cihan ÖNEN**

Bitlis Eren Üniversitesi Sağlık Bilimleri Fakültesi, Bitlis

[cihan\\_nen@yahoo.com](mailto:cihan_nen@yahoo.com) ORCID: 0000-0002-9159-7396

### ÖZET

Yangınlar, toplum, çevre ve ekonomiyi olumsuz etkileyen bir halk sağlığı sorunudur. Avrupa’da yangına bağlı ölümlerin %90’ı bina yangınlarında gerçekleşirken, Danimarka’da her yıl ortalama 66 kişi bu nedenle hayatını kaybetmektedir. Hindistan’da günde 63 kişi hayatını yangın nedeniyle kaybetmektedir. Türkiye’de İstanbul’da 2013-2017 yılları arasında konut yangınlarında %11,8’lik bir artış gözlenmiştir. Yangınlar sadece can kaybına değil, çevrede toksik maddelerin birikmesine ve hava, toprak ile suyun kirlenmesine neden olmaktadır. Yapı denetimindeki eksiklikler ve yönetmeliklere uyulmaması, yangına bağlı ölümleri artırmaktadır. Düşük gelirli bölgelerde ve apartman tipi konutlarda yangın riski daha yüksek olmakla birlikte, yaşlılar, kronik hastalar ve engelliler yangın anında en savunmasız gruplardır. Ancak, Japonya gibi yaşlı nüfusun fazla olduğu ülkeler, yangın güvenliği konusunda örnek teşkil eden uygulamalara sahiptir. Yangın algılama sistemleri, tahliye planları, farkındalık çalışmaları ve dayanıklı yapı malzemelerinin kullanımı, yangın güvenliğini artıran temel önlemlerdir.

Yangın güvenliği önlemleri, bu riskleri azaltmak adına hayati bir rol oynar. Yangın algılama sistemleri ve erken uyarı cihazları yangına erken müdahaleyi mümkün kılarken, tahliye planları ve toplumsal farkındalık çalışmaları, yangın sırasında bireylerin daha güvenli bir şekilde hareket etmesine olanak sağlar. Yapı malzemelerinin dayanıklılığının artırılması ve eskiyen yapıların yenilenmesi de yangın güvenliğini önemli ölçüde desteklemektedir. Ayrıca, portatif yangın söndürücülerin kullanımı ve yangın güvenliği eğitimleri, bireysel ve toplumsal düzeyde hazırlıklı olmayı artırır.

Sonuç olarak, yangınlar sadece yangın anında değil, sonrasında da toplumsal sağlık üzerinde uzun vadeli etkiler yaratmaktadır. Yangın güvenliğini artırmak, toplumun tüm kesimlerinde farkındalık oluşturmak ve etkin önlemler almak bu zararların en aza indirilmesi için gereklidir. Toplumun yangın riskine karşı bilinçlendirilmesi, can kayıplarını ve ekonomik zararları azaltmada kritik bir adımdır.

**Anahtar Kelimeler:** Yangınlar, Bina Güvenliği, Halk Sağlığı, Koruyucu Önlemler

## **BUILDING FIRES: ASSESSMENT FROM A PUBLIC HEALTH PERSPECTIVE**

### **ABSTRACT**

Fires are a public health issue that adversely impacts society, the environment, and the economy. In Europe, 90% of fire-related deaths occur in building fires, with an average of 66 annual fatalities in Denmark. In Turkey, residential fires in Istanbul increased by 11.8% between 2013 and 2017. Fires not only cause loss of life but also lead to the accumulation of toxic substances in the environment, resulting in air, soil, and water pollution. Deficiencies in building inspections and non-compliance with regulations exacerbate fire-related fatalities. Fire risks are higher in low-income areas and apartment-style residences, with elderly individuals, those with chronic illnesses, and persons with disabilities being the most vulnerable groups during fire incidents. However, countries like Japan, where the elderly population is high, serve as exemplary models in fire safety with effective practices.

Fire safety measures play a critical role in mitigating these risks. Fire detection and early warning systems enable prompt response, while evacuation plans and public awareness campaigns enhance safety during fire emergencies. Improving the durability of building materials and renovating outdated structures significantly contribute to fire safety. Furthermore, the use of portable fire extinguishers and fire safety training enhances preparedness at both individual and community levels.

In conclusion, the effects of fires extend beyond the immediate incident, leaving long-term impacts on public health. Enhancing fire safety, raising awareness across all sectors of society, and implementing effective prevention strategies are essential to minimizing these damages. Raising public awareness about fire risks is a crucial step in reducing casualties and economic losses.

**Keywords:** Fires, Housing Safety, Public Health, Preventive Measures

## 1. GİRİŞ

Sürdürülebilirlik sorunu olan yangınlar, toplumu, çevreyi ve ekonomiyi derinden etkileyebilmektedir. Avrupa'da yangından mağdur olanların %90'ı bina yangınları nedeniyle hayatını kaybetmektedir. Örneğin, Danimarka'da her yıl ortalama 66 kişi yangın nedeniyle ölmektedir. Hindistan'da ise her yıl yaklaşık 25.000 kişi yangından ötürü hayatını kaybetmektedir. Ortalama olarak her gün 63 kişi yaşamını yitirmektedir. Türkiye'nin en büyük şehri olan İstanbul'da 2013-2017 yılları arasında toplam 27.704 yangın meydana gelmiş, konut yangınlarında %11,8'lik bir artış gözlemlenmiştir. Fabrika yangınlarında ise %14'lük bir artış gözlemlenmiştir (1-4).

Bina yangınları can kayıplarının yanı sıra ekonomik boyutu da oldukça ciddidir. Örneğin, Slovenya'da Mayıs 2009'da bir lastik üretim tesisinde meydana gelen yangında 700.000 avro maddi zarar oluşmuştur (1-4).

Çevre ve insan sağlığı etkisinde ise bina yangınları, toprak, hava ve yeraltı sularını kirleterek sağlık ve refah üzerinde tehdit oluşturabilmektedir. Central Lancashire Üniversitesi'nin yaptığı bir araştırmada, Grenfell Kulesi yangını sonrasında çevredeki topraklarda yüksek miktarda toksin ve potansiyel kanserojen maddeler tespit edilmiştir (3,4).

## 2. YANGIN RİSKİ VE TOPLUMSAL SORUMLULUK: SAVUNMASIZ GRUPLAR VE GÜVENLİK ÖNLEMLERİ

### 2.1. Düşük Gelir Düzeyi, Savunmasız Gruplar ve Yangın Riski

Düşük gelir düzeyine sahip topluluklarda yangın yoğunluğunun daha yüksek olduğu belirtilmektedir. Düşük gelirli toplumlarında yanı sıra dezavantajlı gruplarda yangın daha fazla etkilenmektedir. Daire ve apartman tipindeki konutlarda ikamet ediyorlarsa yangın riskiyle daha fazla yüzleşebilmektedirler (5-7).

Yangın anında yaşlı bireyler, kronik hastalığı olanlar ve engelli bireyler daha savunmasız hale gelmektedir. Örneğin, Japonya gibi yaşlı nüfusun fazla olduğu ülkelerde, hareket kabiliyetinin azalması ve Alzheimer gibi hastalıkların varlığı, yangına bağlı ölüm riskini artırmaktadır. Ancak, Japonya yangın güvenliği konusunda öncü ülkelerden biridir (5-7).

### 2.2. Yapı Denetimi ve Yönetmelik Eksiklikleri

Avrupa'daki yapı denetimindeki yetersizlikler ve yönetmeliklere uygun hareket edilmemesi, yangına bağlı ölümleri artırmaktadır. Danimarka'daki bir huzurevinde, bakım tesisinin yönetmeliklere uygun hareket etmemesi sonucu üç kişi yangında hayatını kaybetmiştir. Benzer

şekilde, Finlandiya’da bir kulübedeki yapı denetimi yetersizliği, üç çocuğun ölümüne yol açmıştır (3-4).

### 2.3. Bina Sahibinin Sorumluluğu

Bina sahibi, yangın güvenliği beyanını mevzuat ve uygulamalara uygun olarak hazırlamalı ve içeriği üst yönetime onaylatmalıdır. Bu adım, binada bulunan herkesin (çalışanlar, ziyaretçiler, konut sakinleri ve misafirler gibi) sağlık ve güvenliğini koruyan bir yaklaşımın parçasıdır. Yangın güvenliği önlemleri sürdürülebilir olmalı, bina sahipleri ve yöneticiler gerekli kaynakları sağlamalı, eğitimler ve tatbikatlar düzenlemelidir. Ayrıca, binanın fiziki yapısı, yangın merdiveni ve yangın algılama sistemleri gibi kaçış yolları uygun hale getirilmelidir. Yangın güvenliğiyle ilgili tüm dokümantasyon ve içerikler de eksiksiz bir şekilde oluşturulmalıdır (8).

### 2.4. Yangın Güvenliği Önlemleri ve Toplumsal Farkındalık

Yangın güvenliği, yöneticilerin ya da bina sahibinin toplumla iş birliği yapmasını gerektirir. Kapalı alan yangınlarına karşı toplumun güçlendirilmesi, yangın anında ölümleri, yanıkları ve tahliyeyle dair gecikmeleri azaltabilmektedir. Yangın güvenliğini artırmak için bireysel ve toplumsal düzeyde alınabilecek önlemler şunlardır ((5,6, 9):

#### ➤ Yangın Algılama ve Erken Uyarı Sistemleri

*Kapalı alanlarda aktif çalışan yangın algılama ve erken uyarı sistemleri, yangın başlangıcında bireylerin uyarılmasını sağlayan kritik adımlardır.*

#### ➤ Toplum Tabanlı Eğitim ve Tatbikatlar

*Toplumda farkındalığı artırmak için eğitimler, yangın tatbikatları ve bilinçlendirme çalışmaları önemlidir.*

#### ➤ Tahliye Planlarının Hazırlanması

*Konutlarda tahliye planlarının oluşturulması ve hane halkının bilgilendirilmesi, yangın anında hızlı ve güvenli bir tahliye sağlanmasına katkı sağlar.*

#### ➤ Koruyucu Ekipman Kullanımı

*Yangın sırasında duman yoğunluğu arttığında bireysel maskelerin ve etkili havalandırma sistemlerinin kullanılması önem taşır.*

#### ➤ Yapı Malzemelerinin Dayanıklılığı

*Eski konutlardaki dayanıksız yapı malzemeleri yangın riskini artırmaktadır. Bu tür malzemelerin yenilenmesi, güvenliği artırabilir.*

- Portatif Yangın Söndürücüler  
*Konutlarda portatif yangın söndürücüler bulundurulması, yangına müdahale süresini kısaltarak zararları azaltabilir.*
- Çocuklar Ateşle Temas Etmeli ve Ateşle Oynamamalı  
*Çakmak, kibrit vb. yakıcı maddeler çocukların ulaşamayacağı yerlerde bulundurulmalıdır.*
- Soba, kalorifer ve mutfak ocakları dikkatlice kullanılmalıdır.
- Yanıcı maddeler güvenli ve uygun bir şekilde saklanmalıdır.
- Elektrik tesisatı düzenli olarak kontrol edilmeli, elektrik fişleri gevşek bırakılmamalıdır.

### 3. SONUÇ

Yangınlar, sadece yangın anında değil, sonrasında da etkileri devam etmektedir. Yangın güvenliğini artırmak, toplumun her kesiminde farkındalık oluşturmak ve etkin güvenlik önlemleri almak, yangınlardan kaynaklanan can ve maddi kayıplarını azaltmada önemli adımdır. Toplum olarak yangın güvenliği konusunda bilinçlenmeli ve gerekli önlemler alınmalıdır.

### KAYNAKÇA

1. Vidyadharan, A., John, J., Thomas, C., Yadav, B.P. (2018). Fire Safety Management in India: A Review. In: Siddiqui, N., Tauseef, S., Abbasi, S., Rangwala, A. (eds) *Advances in Fire and Process Safety*. Springer Transactions in Civil and Environmental Engineering. Springer, Singapore. [https://doi.org/10.1007/978-981-10-7281-9\\_14](https://doi.org/10.1007/978-981-10-7281-9_14)
2. Kılıç, A. (2018). Gelişmiş ülkelerde ve Türkiye’de yangın istatistikleri. *Yangın ve Güvenlik Dergisi*, (199), 8-10.
3. Fire Safe Europe. Facts & figures. Fire Safe Europe. Retrieved January 25, 2025, from <https://www.firesafeeurope.eu/facts-figures>.
4. World Fire Statistics, International Bulletin of the World Fire Statistics Centre, 2017.
5. Kuligowski, E. D., Peacock, R. D., Reneke, P. A., Wiess, E., Hagwood, C. R., Overholt, K. J., Elkin, R. P., Averill, J. D., Ronchi, E., Hoskins, B. L., & Spearpoint,



- M. (2014). Movement on stairs during building evacuations (NIST Technical Note 1839). National Institute of Standards and Technology.  
<https://doi.org/10.6028/NIST.TN.1839>
6. Nijhar, K. (2023). Modelling the factors affecting urban residential fire: A case study of Melbourne (Doctoral dissertation, RMIT University). <https://orcid.org/0009-0005-4194-3827>
  7. Modern Building Alliance. (2018). Fire death rate trends: An international perspective. Retrieved January 25, 2025, from  
<https://www.modernbuildingalliance.eu/assets/uploads/2018/05/Fire-Death-Rate-Trends-An-International-Perspective.pdf>
  8. Wong, K. H.-L., & Xie, D.-Y. (2014). Fire safety management strategy of complex developments. *Procedia Engineering*, 71, 410-420.  
<https://doi.org/10.1016/j.proeng.2014.04.059>
  9. AFAD. (2018). Yangınlara karşı alınması gereken önlemler. Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı. Erişim adresi: <https://www.afad.gov.tr/yanginlara-karsi-alinmasi-gereken-onlemler>

## KAPLICALARDAKİ ZEHİRLİ GAZ SALINIMI VE OLASI SAĞLIK RİSKLERİ

**Dr. Öğr. Üyesi Cihan ÖNEN**

Bitlis Eren Üniversitesi Sağlık Bilimleri Fakültesi, Bitlis  
cihan\_nen@yahoo.com ORCID: 0000-0002-9159-7396

**Doç.Dr. Şakir PARLAKYILDIZ**

Bitlis Eren Üniversitesi Mühendislik - Mimarlık Fakültesi, Bitlis  
sakir.parlakyildiz@gmail.com ORCID: 0000-0003-0885-023X

### ÖZET

Türkiye, jeotermal kaynaklar açısından oldukça zengin bir ülkedir ve Bitlis ili, birçok kaplıcaya ev sahipliği yapmaktadır. Bitlis ilindeki kaplıcaların çoğu, tesis şeklinde olmayan açık hava kaplıcalarıdır. Bu kaplıcalar, bölgeden ve çevre illerden gelen ziyaretçilere şifa bulma, turizm ve diğer amaçlarla önemli bir çekim merkezi oluşturmaktadır. Hem yerli hem de yabancı turistler, kaplıcaları sağlık ve dinlenme amacıyla ziyaret etmektedir. Bitlis ilindeki kaplıcalardaki gaz çıkışının izlenmesi, çevresel ve halk sağlığı açısından büyük önem taşımaktadır. Jeotermal kaynaklardan salınan zehirli gazlar sağlık problemlerine yol açabilir. 2024 Aralık ayında, Bitlis'in Güroymak ilçesindeki halk arasındaki ismi ile Budaklı kaplıcasında 16 ppm kadar hidrojen sülfür çıkışı ölçülmüştür. Bu tür gaz çıkışlarının kontrolü, özellikle duyarlı gruplar için önemlidir. Karbon dioksit (CO<sub>2</sub>), metan (CH<sub>4</sub>), kükürt dioksit (SO<sub>2</sub>) ve hidrojen sülfür (H<sub>2</sub>S) takibi gerektiren gazlara örnek verilebilir. Özellikle hidrojen sülfür, 2024 yılı Aralık ayında Budaklı kaplıcası gibi açık hava termal bölgelerinde 16 ppm kadar ölçülmüştür. Bu gazlar, boğucu, patlayıcı ve zehirleyici özellikleri nedeniyle sağlık açısından ciddi riskler oluşturabilir. Karbondioksit, metan ve hidrojen sülfür gibi gazlar, solunum ve sinir sistemine zarar verebilir ve yüksek yoğunluklarda maruz kalma durumunda ölümcül sonuçlar doğurabilir.

Zehirli gazların etkisi, astım, kalp hastalıkları ve akciğer rahatsızlıkları gibi sağlık sorunları bulunan bireylerde daha belirgin olabilir. Ayrıca, yaşlılar, çocuklar, bebekler ve hamile kadınlar gibi duyarlı gruplar da bu gazlardan daha fazla etkilenebilir. Bu nedenle, kaplıca çevresinde gaz emisyonlarının izlenmesi ve gerekli önlemlerin alınması, halk sağlığı açısından büyük önem taşımaktadır. Yellowstone örneğinde olduğu gibi, volkanik gazlar, vahşi yaşam üzerinde de

olumsuz etkiler yaratabilir; bizon ve ayı ölümleri gibi vakalar, gaz salınımının çevre üzerindeki zararlı etkilerini göstermektedir.

Sonuç olarak, Bitlis ilindeki termal kaplıcalar sağlık turizmi açısından büyük bir potansiyel taşısa da bu kaplıcalarda salınan zehirli gazların izlenmesi ve kontrol edilmesi, özellikle duyarlı grupların sağlığını korumak için hayati öneme sahiptir.

**Anahtar Kelimeler:** Jeotermal Gaz Emisyonları, Halk Sağlığı Riski, Termal Kaplıcalar, Zehirli Gaz Maruziyet

## TOXIC GAS EMISSIONS IN THERMAL SPRINGS AND POTENTIAL HEALTH RISKS

### ABSTRACT

Turkey is a country rich in geothermal resources, and the province of Bitlis hosts many hot springs. Most of the hot springs in Bitlis are open-air springs, rather than facilities. These springs serve as an important attraction for visitors from both the local region and neighboring provinces, offering healing, tourism, and other purposes. Both domestic and international tourists visit these hot springs for health and relaxation. Monitoring the gas emissions from the hot springs in Bitlis is of significant importance for both environmental and public health. Geothermal sources can release toxic gases, which may lead to health problems. In December 2024, hydrogen sulfide emissions as high as 16 ppm were measured at the Budaklı hot spring in the Güroymak district of Bitlis. The monitoring of such gas emissions is especially important for sensitive groups. Gases that require monitoring include carbon dioxide (CO<sub>2</sub>), methane (CH<sub>4</sub>), sulfur dioxide (SO<sub>2</sub>), and hydrogen sulfide (H<sub>2</sub>S). Hydrogen sulfide, in particular, was measured at 16 ppm in open-air thermal areas like Budaklı hot spring in December 2024. These gases can pose serious health risks due to their suffocating, explosive, and toxic properties. Gases such as carbon dioxide, methane, and hydrogen sulfide can damage the respiratory and nervous systems, and exposure to high concentrations can result in fatal outcomes.

The effects of toxic gases may be more pronounced in individuals with health issues, such as asthma, heart disease, and lung disorders. Additionally, vulnerable groups such as the elderly, children, infants, and pregnant women may be more affected by these gases. Therefore,

monitoring gas emissions and taking necessary precautions around the hot springs are crucial for public health. As seen in the Yellowstone example, volcanic gases can also have adverse effects on wildlife; cases of bison and bear deaths are associated with gas emissions, showing the harmful impacts on the environment.

In conclusion, while the thermal hot springs in Bitlis province have great potential for health tourism, monitoring and controlling the toxic gases emitted from these springs is vital to protect the health of sensitive groups.

**Keywords:** Geothermal Gas Emissions, Public Health Risk, Thermal Springs, Toxic Gas Exposure.

## 1. GİRİŞ

Türkiye, jeotermal kaynaklar açısından oldukça zengin bir ülkedir. Jeotermal kaynaklarının %78'i Batı Anadolu bölgesinde, %9'u İç Anadolu bölgesinde, %7'si Marmara bölgesinde, %5'i Doğu Anadolu bölgesinde ve %1'i diğer bölgelerde bulunmaktadır. Bu kaynakların büyük çoğunluğu (%90'ı) düşük ve orta sıcaklıkta olduğundan, termal turizm, ısıtma ve çeşitli endüstriyel uygulamalar için uygun bir potansiyele sahiptir (1).

Doğu Anadolu bölgesi, birçok kaplıca ve jeotermal su kaynağına sahip olup, kaplıca yönünden oldukça zengindir. Bitlis ili de pek çok jeotermal su kaynağını bünyesinde barındırmaktadır, bu kaynaklar termal turizm ve diğer endüstriyel uygulamalar açısından önem taşımaktadır. Güroymak (Çukur), Ilıcaköy ve Nemrut Ilıgöl, Bitlis ilindeki başlıca jeotermal su kaynaklarıdır. Ayrıca, Alemdar, köprü Altı, Çim Çölmüğü, Arap Köprüsü, Yılan Dirilten ve Acı Su gibi kaplıcalarda yer almaktadır (2,3). Bitlis'teki kaplıcalar, genellikle açık alanda yer almakta olup, bölgeden ve çevre illerden gelen ziyaretçilerin ilgisini çekmektedir. Bu kaplıcalar, doğa ile iç içe bir deneyim sunarak termal turizm açısından önemli bir potansiyele sahiptir. Bölgeden pek çok insan şifa niyetiyle bölgeye gelebilmektedir.

## 2. KAPLICALARDAKİ ZEHİRLİ GAZLAR VE OLASI SAĞLIK RİSKLERİ

### 2.1. Kaplıcalarda Zehirli Gaz Salınımı Riski

Bitlis ili kaplıcalarındaki gaz emisyonlarının izlenmesi ve kontrol edilmesi hem çevresel hem de halk sağlığı açısından büyük önem taşımaktadır. Jeotermal kaynaklar, karbon dioksit (CO<sub>2</sub>), metan (CH<sub>4</sub>), kükürt dioksit (SO<sub>2</sub>) ve hidrojen sülfür (H<sub>2</sub>S) gibi zehirli gazların salınımına

potansiyel taşıyıcı. Bitlis ilinde, 2024 yılı Aralık ayında halk arasında Budaklı kaplıcası olarak bilinen açık hava termal bölgesinde 16 ppm kadar hidrojen sülfür çıkışı ölçülmüştür (4, 5).

## 2.2. Zehirli Gazlar ve Sağlık Riskleri

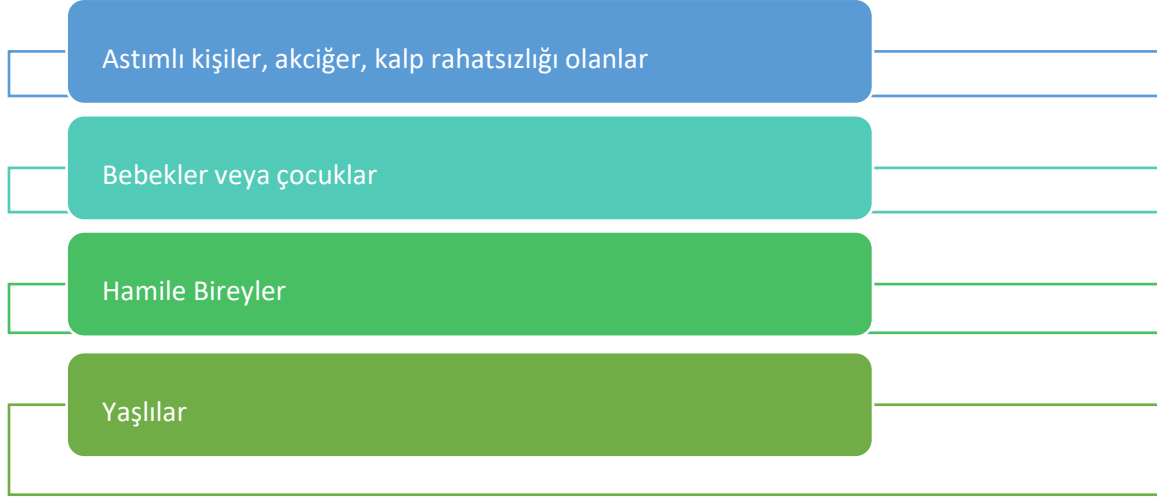
Karbondioksit, karbon monoksit, hidrojen sülfür yeraltında sıklıkla karşılaşılan gazlardır. Bu gazlar boğucu, patlayıcı ve zehirleyici etkilerinden dolayı insanlar için tehlikeli olabilmektedir. Bu gazların ortamdaki yoğunluğu arttıkça sağlık için daha ciddi sonuçlar meydana getirebilmektedir. İnsan sağlığı açısından zararlı olabilecek gazların özellikleri aşağıda sunulmuştur (Tablo 1) (5).

**Çizelge 1. Yeraltında Bulunan Zehirli Gazların Özellikleri ve Sağlık Riskleri (5)**

Zehirli Gazlar	Gazın Özelliği	Risk
CO	Karbondioksit oldukça zehirli bir gaz olup kandaki hemoglobine hızlı bağlanır.	Oksijene bağlanma daha hızlı olmakta ve dokuların oksijenlenme durumunu olumsuz etkilemektedir. Solunum ve sinir sistemine ciddi zarar verebilmektedir.
CO <sub>2</sub>	Karbondioksit gazı, boğucu özelliğe sahiptir.	Yüksek konsantrasyonlarda boğulmaya neden olabilir.
CH <sub>4</sub>	Metan gazı, boğucu ve yanıcı özelliğe sahiptir.	Havada %5-15 seviyesinde olması patlama riski oluşturur.
H <sub>2</sub> S	Hidrojen Sülfür hem patlayıcı hem de zehirleyici özelliğe sahiptir.	Düşük oranda maruz kalma bile insanlar için zehirleyici olabilmektedir. Solunum ve sinir sistemine ciddi zarar verebilmektedir.

## 2.3. Jeotermal Gazlara Maruz Kalma ve Duyarlı Gruplar

Sağlık sorunları olan kişiler, jeotermal gazlara maruz kaldıklarında hastalık semptomlarında kötüleşme yaşayabilirler. Özellikle astım, akciğer veya kalp rahatsızlıkları bulunan bireyler, bu gazlardan daha fazla etkilenebilir. Ayrıca, yaşlılar, çocuklar, bebekler ve hamile kadınlar da duyarlı gruplar arasında yer almaktadır. Çocuklar, nefes alıp verme hızlarının fazla olması, daha hareketli olmaları ve akciğerlerinin vücutlarına oranla yetişkinlere göre daha büyük olması nedeniyle jeotermal gazlara karşı daha duyarlıdır (6).



**Şekil 1. Duyarlı Gruplar (6)**

#### 2.4. Sağlık Risklerine Karşı Bazı İpuçları (6)

- Sağlık takibi: Sağlık sorunu olan kişiler, düzenli takiplerini yaptırmalı ve doktorlarıyla sürekli iletişim halinde olmalıdır.
- Gaz maruziyeti: Kaplıca ortamında, kişi kendini rahatsız edici gaz yoğunluğunda bulursa, rüzgarın karşı yönüne hareket ederek gaz kokularından uzaklaşmalıdır.
- Acil durum: Baş dönmesi, göğüs ağrısı, halsizlik, nefes darlığı veya başka olağandışı semptomlar durumunda derhal bir sağlık kuruluşundan yardım talep etmelidir.

#### 2.5. Volkanik Gazların Vahşi Yaşam Üzerindeki Etkileri: Yellowstone Örneği

İnsan dışındaki varlıklarda gaz emisyonun olduğu termal bölgelerden etkilenebilmektedir. Yellowstone'daki volkanik gazlar, özellikle karbondioksit (CO<sub>2</sub>) ve hidrojen sülfür (H<sub>2</sub>S) yüksek konsantrasyonlarda bazı vahşi yaşam türleri üzerinde olumsuz etkilere yol açabilir. Özellikle gazların salınımı, bizon ve ayı ölümleri gibi vakalarla ilişkilendirilmiştir. Bu tür zehirli gaz salınımları, çevredeki canlıları etkileyerek ölümcül sonuçlar doğurabilir (7).

### 3. SONUÇ

Bitlis ilindeki termal kaplıcalar, bölgenin önemli jeotermal kaynaklarını oluşturarak sağlık turizmi açısından büyük bir potansiyele sahiptir. Ancak, bu kaplıcalarda salınan zehirli gazlar, özellikle hidrojen sülfür gibi maddeler, sağlık açısından ciddi riskler doğurabilmektedir. Bu gazların izlenmesi ve kontrol altına alınması, özellikle duyarlı gruplar için hayati öneme sahiptir.

## KAYNAKÇA

- 1 MTA Genel Müdürlüğü. Jeotermal enerji araştırmaları. MTA. Retrieved January 26, 2025, from <https://www.mta.gov.tr/v3.0/arastirmalar/jeotermal-enerji-arastirmalari>
- 2 Elmastař, N. (2011). Bitlis İli Jeotermal Su Kaynakları. Doğu Coęrafya Dergisi, 13(19), 89-104.
- 3 Bitlis İl Kültür ve Turizm Müdürlüğü. Kaplıcalar. Kültür ve Turizm Bakanlığı. Retrieved January 26, 2025, from <https://bitlis.ktb.gov.tr/TR-56230/kaplicalar.html>
- 4 BitlisHaber13. (2024). Budaklı Kaplıcası'nda zehirli gaz tehlikesi. Bitlis Haber 13. Retrieved January 26, 2025, from <https://www.bitlishaber13.net/budakli-kaplicasinda-zehirli-gaz-tehlikesi>
- 5 Durřen, M., & Yasun, B. (2012). *Yeraltı madenlerinde bulunan zararlı gazlar ve metan drenajı*. İSGÜM. Ankara.
- 6 International Volcanic Health Hazard Network. (n.d.). Volcanic gas hazards and health: A guide for the public. International Volcanic Health Hazard Network. Retrieved January 26, 2025, from [https://www.ivhhn.org/uploads/IVHHN\\_gas\\_pamphlet\\_English.pdf](https://www.ivhhn.org/uploads/IVHHN_gas_pamphlet_English.pdf)
- 7 U.S. Geological Survey. (2018). Are Yellowstone's gases dangerous? U.S. Geological Survey. Retrieved January 26, 2025, from <https://www.usgs.gov/observatories/yvo/news/are-yellowstones-gases-dangerous>

## THE EFFECT OF THE SIX-FOOD ELIMINATION DIET ON THE QUALITY OF LIFE IN INDIVIDUALS WITH CHRONIC CONSTIPATION

**Res. Asst. Dr. Enes Bahadır KILIÇ**

Gaziantep University

enes.bahadir.kilic@gmail.com

ORCID ID: 0000-0003-1232-5016

### ABSTRACT

Chronic constipation is a functional gastrointestinal disorder characterized by symptoms such as reduced bowel movement frequency, straining, hard stools, and a sensation of incomplete evacuation, varying among individuals. This condition negatively impacts quality of life and is typically managed by increasing dietary fiber intake or eliminating potential allergenic foods. The six-food elimination diet (SFED) involves the temporary exclusion of the most common allergenic food groups—dairy products, wheat, soy, nuts, eggs, and seafood—from the diet. The aim of this study was to investigate the effect of SFED on quality of life in individuals diagnosed with chronic constipation according to the Rome IV criteria, without an irritable bowel syndrome (IBS) diagnosis.

Participants were assessed using the Chronic Constipation Quality of Life Questionnaire (CCQLQ) through a blinded method before the study, and individuals with a scale score of 80 or above were included. A total of 40 volunteers (15 males, 25 females) followed the SFED for four weeks under a personalized dietary plan. Adherence to the diet was monitored daily. At the end of the intervention, the CCQLQ was reassessed, and pre- and post-diet scores were compared. The mean CCQLQ score significantly decreased from  $94.5 \pm 7.63$  at baseline to  $55.8 \pm 11.67$  after four weeks of dietary intervention ( $p < 0.05$ ). Gender-based analysis showed that the mean score decreased from  $93.8 \pm 8.39$  to  $62.5 \pm 10.23$  in males and from  $94.9 \pm 7.28$  to  $51.8 \pm 10.78$  in females. These results indicate that SFED is effective in improving the quality of life in individuals with chronic constipation.

**Keywords:** Chronic constipation, Six-food elimination diet (SFED), Quality of life, Functional gastrointestinal disorder.



## THE EFFECTS OF THE KETOGENIC DIET ON ATTENTION DEFICIT HYPERACTIVITY DISORDER (ADHD): CURRENT FINDINGS AND POTENTIAL MECHANISMS

Res. Asst. Dr. Enes Bahadır KILIÇ

Gaziantep University

[enes.bahadir.kilic@gmail.com](mailto:enes.bahadir.kilic@gmail.com)

ORCID ID: 0000-0003-1232-5016

### ABSTRACT

**Introduction:** Attention Deficit Hyperactivity Disorder (ADHD) is a common neurodevelopmental disorder in childhood, and its etiology is not yet fully understood. Neuroinflammation, neurotransmitter imbalances, and disrupted brain energy metabolism are among the core mechanisms implicated in ADHD. The ketogenic diet (KD), a low-carbohydrate and high-fat dietary regimen, is used in the treatment of neurological disorders such as epilepsy. In recent years, the potential effects of KD on ADHD symptoms have been investigated.

**Current Findings:** Epilepsy and ADHD often co-occur, and the ketogenic diet has been reported to improve hyperactivity and attention deficit symptoms in individuals with epilepsy. Studies in animal models suggest that the ketogenic diet may reduce hyperactivity and induce positive changes in gut microbiota, thereby influencing neurotransmitter levels. A study in dogs observed that the ketogenic diet reduced ADHD-like behaviors. Similarly, in rodent models, the ketogenic diet was found to decrease activity levels and alleviate symptoms associated with attention deficits. In terms of gut microbiota and neurotransmitter levels, the ketogenic diet has been shown to enhance serotonin (5-HT), adenylyl cyclase (AC), cyclic AMP (cAMP), and norepinephrine (NE) levels, positively affecting the dopaminergic system. However, a 2016 randomized controlled trial reported that the ketogenic diet did not significantly improve ADHD symptoms in children. Additionally, the 2019 clinical guidelines from the American Academy of Pediatrics state that dietary interventions are not strongly supported by evidence for ADHD treatment.

**Conclusion and Recommendations:** The current literature is insufficient to draw definitive conclusions regarding the effects of the ketogenic diet on ADHD. While animal studies have yielded positive results, clinical research in humans has produced inconsistent findings. Although preliminary evidence suggests that KD may alleviate ADHD symptoms, more randomized controlled clinical trials are needed in this area.

**Keywords:** Ketogenic diet, attention deficit hyperactivity disorder, neuroinflammation, gut microbiota, brain energy metabolism.

## YETİŞKİN BİREYLERİN KORKU DÜZEYİNİN DİYET KALİTESİ VE DUYGUSAL YEME DAVRANIŞLARI ÜZERİNE ETKİSİ

### THE EFFECT OF ADULT INDIVIDUALS' FEAR LEVEL ON DIET QUALITY AND EMOTIONAL EATING BEHAVIORS

**Uzm. Dyt. ASLIHAN TURHAN**

İstanbul Bilgi Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Fakültesi, Beslenme ve Diyetetik Bölümü,  
İstanbul, Türkiye, dyt.aslihanTurhan@gmail.com - 0000-0001-7471-977X

**Arş. Gör. Dr. GÜL EDA KILINÇ**

Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Fakültesi, Beslenme ve Diyetetik Bölümü,  
Samsun, Türkiye, guleda.kilinc@omu.edu.tr - 0000-0002-9068-3081

**Arş. Gör. YASEMİN AÇAR**

Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Fakültesi, Beslenme ve Diyetetik Bölümü,  
Samsun, Türkiye, dytyaseminacar@gmail.com - 0000-0002-3567-0384

**Doç. Dr. BİRSEN DEMİREL**

Ondokuz Mayıs Üniversitesi Sağlık Bilimleri Fakültesi Beslenme ve Diyetetik Bölümü,  
Samsun, Türkiye, birsen.demirel@omu.edu.tr - 0000-0003-3897-1446

## ÖZET

COVID-19 döneminde yaşanan stres, korku gibi duygu deneyimleri bireylerin beslenme davranışlarını etkileyebilmektedir. Yetersiz beslenme veya duygusal yeme davranışı özellikle bu dönemlerde sık gözlenebilmektedir. Bu çalışmada COVID-19 pandemi döneminde yetişkin bireylerin korku seviyelerinin, diyet kaliteleri ve duygusal yeme davranışları üzerindeki etkisini incelemek amaçlanmıştır. Tanımlayıcı kesitsel nitelikteki bu çalışmaya 18-65 yaş arası yetişkin 150 birey dahil edilmiştir. Veriler, demografik bilgileri içeren anket formu, 24 saatlik geriye dönük besin tüketim kaydı, besin tüketim sıklığı, COVID-19 Korku Ölçeği, Sağlıklı Yeme İndeksi-2010 (SYİ-2010) ve Duygusal Yeme Ölçeği aracılığıyla toplanmıştır. Verilerin analizi SPSS (Statistical Package of Social Sciences) programı kullanılarak yapılmış ve anlamlılık düzeyi  $p < 0,05$  olarak belirlenmiştir. Çalışmaya katılan bireylerin %65,3'ü kadın, %34,7'si erkektir. Bireylerin yaş ortalamaları  $28,81 \pm 9,9$  yıl ve Beden Kütle İndeksi (BKİ) ortalamaları  $24,9 \pm 5,4 \text{ kg/m}^2$  dir. Çalışmaya katılan erkeklerin ortalama enerji alımının  $1760,2 \pm 627,4$  kkal, kadınların ise  $1694,9 \pm 2283,9$  kkal olduğu tespit edilmiştir. Bireylerin SYİ-2010 toplam puan ortalamalarının  $74,49 \pm 11,55$  olduğu ve erkek bireylerin %19,2'sinin, kadınların ise %37,7'sinin iyi diyet kalitesine sahip olduğu görülmüştür. Bireylerin duygusal yeme ortalama puanlarının  $71,4 \pm 25,8$  puan olduğu ve bu ortalama puanların kadın bireylerde daha yüksek olduğu görülmüştür. Bireylerin COVID-19 Korku Ölçeği toplam puan ortalamalarının ise  $18,28 \pm 6,87$  olduğu bulunmuştur. Bireylerin COVID-19 Korku Ölçeği toplam puanları ile SYİ-2010 toplam puanları arasında anlamlı bir ilişki olduğu saptanmıştır ( $p < 0,05$ ). COVID-19 Korku Ölçeği ile Duygusal Yeme Ölçeği arasında ise anlamlı bir ilişki olduğu görülmüştür ( $p < 0,05$ ). COVID-19 korkusunun, bireylerin diyet kalitesini iyileştirdiği ancak duygusal yeme davranışlarını artırdığı tespit edilmiştir. Korku seviyelerinin artmasıyla birlikte, bireylerin sağlıklı beslenmeye yönelme eğiliminde oldukları gözlemlenmekle birlikte duygusal yeme

daha çok kadınlarda görülmüş ve stresle başa çıkma mekanizması olarak kullanıldığı düşünülmüştür. Bu bulgular, pandemi sürecinde bireylerin psikolojik destek almasının, sağlıklı beslenme alışkanlıkları geliştirmelerinde faydalı olabileceğini göstermektedir.

**Anahtar Kelimeler:** COVID-19 korkusu, duygusal yeme, sağlıklı yeme indeksi, diyet kalitesi, beslenme

## ABSTRACT

Emotional experiences such as stress and fear during the COVID-19 period can affect individuals' eating behaviours. Malnutrition or emotional eating behaviour can be frequently observed especially during these periods. In this study, it was aimed to examine the effect of fear levels on diet quality and emotional eating behaviours of adult individuals during the COVID-19 pandemic period. This descriptive cross-sectional study included 150 adults aged 18-65 years. Data were collected through a questionnaire form including demographic information, 24-hour retrospective food consumption record, food consumption frequency, COVID-19 Fear Scale, Healthy Eating Index-2010 (HIE-2010) and Emotional Eating Scale. The data were analysed using SPSS (Statistical Package of Social Sciences) software and the significance level was set as  $p < 0.05$ . Of the individuals who participated in the study, 65.3% were female and 34.7% were male. The mean age of the individuals was  $28.81 \pm 9.9$  years and the mean Body Mass Index (BMI) was  $24.9 \pm 5.4$  kg/m<sup>2</sup>. It was determined that the mean energy intake of the men participating in the study was  $1760.2 \pm 627.4$  kcal, and that of the women was  $1694.9 \pm 2283.9$  kcal. It was observed that the mean total score of the individuals in SYI-2010 was  $74.49 \pm 11.55$  and 19.2% of the males and 37.7% of the females had good diet quality. It was observed that the mean scores of emotional eating of individuals were  $71.4 \pm 25.8$  points and these mean scores were higher in female individuals. The mean total score of the COVID-19 Fear Scale was found to be  $18.28 \pm 6.87$ . It was found that there was a significant relationship between the total scores of the COVID-19 Fear Scale and the total scores of the SYI-2010 ( $p < 0.05$ ). There was a significant relationship between the COVID-19 Fear Scale and the Emotional Eating Scale ( $p < 0.05$ ). It was found that fear of COVID-19 improved the diet quality of individuals, but increased emotional eating behaviours. With the increase in fear levels, it was observed that individuals tended to tend towards healthy eating, but emotional eating was mostly seen in women and was thought to be used as a coping mechanism for stress. These findings suggest that psychological support during the pandemic process may be beneficial for individuals to develop healthy eating habits.

**Keywords:** Fear of COVID-19, emotional eating, healthy eating index, diet quality, nutrition

## 1. GİRİŞ

Yetersiz beslenme, sadece fiziksel sağlık üzerinde değil, aynı zamanda ruh hali ve olumsuz duygular üzerinde de etkili olmaktadır. COVID-19 döneminde yaşanan stres, korku gibi duyguların bireylerin beslenme davranışları üzerinde etkili olduğu görülmüştür (Ornell et al., 2020). Yetersiz beslenme veya duygusal yeme davranışının benimsenmesi özellikle bu dönemde sık gözlenmiştir. Bireylerin fiziksel aktivite düzeylerinin azalması ve karantina koşullarının içinde bulunulması; bireylerin yüksek enerji içeriğine sahip besinlere yönelmesine, besin tercihlerini değiştirmesine ve düzensiz yeme alışkanlıklarını benimsemesine neden

olmuştur (Shigemura et al., 2020; Barzilay et al., 2020). Pandemi sırasında bireylerin yaşadığı korku ve endişe gibi duygular; bu beslenme alışkanlıklarındaki değişikliklerin temel belirleyicisi olmuştur. Yapılan araştırmalar, stres ve diğer olumsuz duyguların artmasının, bireylerin yeme alışkanlıklarında değişiklikler ve diyet kalitesinde düşüşle güçlü bir şekilde ilişkili olduğunu göstermektedir. Ayrıca, korku ve üzüntü gibi duygular, bireylerde daha az yemek yeme veya sadece keyif amaçlı yeme ile ilişkilendirilebilmektedir (Naja & Hamadeh., 2020).

Duygusal yeme, bireylerde farklı duygusal durumların yol açtığı psikolojik etkilerin, yeme davranışı üzerindeki etkisi olarak tanımlanabilmektedir. Anksiyete, üzüntü, mutluluk, öfke veya korku gibi duygular bazı durumlarda iştah kaybına neden olurken, duygusal yeme eğilimleri gösteren kişilerde ise gıda alımında artış ve aşırı yeme davranışları olarak gözlemlenmektedir (Macht., 2008). Küresel bir pandemi, bireylerde olumsuz duyguların artmasına yol açabilmektedir. Pandemi, yiyecek arzusunu ve duygusal yeme davranışlarını tetikleyebilir. Sosyal izolasyon, sosyal ve fiziksel aktivitelerin azalması ve yaşam tehdidine dair algılar, psikososyal açıdan olumsuz etkiler yaratabilir. Bu nedenle, pandemi, bireylerde anksiyete, korku ve depresyon gibi duygusal durumları yoğunlaştırmaktadır (Di Renzo et al., 2020; Pellegrini et al., 2020).

Bu bilgiler ışığında bu çalışmada; COVID-19 pandemi döneminde yetişkin bireylerin korku seviyelerinin, diyet kaliteleri ve duygusal yeme davranışları üzerindeki etkisini incelemek amaçlanmıştır.

## 2. YÖNTEM

Tanımlayıcı kesitsel nitelikteki bu çalışmaya, Ekim-Kasım 2020 tarihleri arasında İstanbul'daki bir Estetik ve Güzellik Merkezi'ne başvuran 18-65 yaş aralığındaki 150 yetişkin birey dahil edilmiş, yeme bozukluğu tanısı olan, öncesinde COVID-19 tanısı almış olan, herhangi bir nedenle (hastalık varlığı veya zayıflama amaçlı) diyet sürecinde olan kişiler ise çalışmaya dahil edilmemiştir. Bireyler, gönüllülük esasına göre bilgilendirilmiş ve onamları alındıktan sonra çalışmaya alınmıştır. Verilerin toplanmasında demografik bilgileri içeren bir anket, 24 saatlik geriye dönük besin tüketim kaydı, besin tüketim sıklığı, COVID-19 Korku Ölçeği, Sağlıklı Yeme İndeksi-2010 (SYİ-2010) ve Duygusal Yeme Ölçeği kullanılmıştır. Anket soruları araştırmacılar tarafından yüzyüze toplanmıştır. Çalışmanın Etik onayı İstanbul Bilgi Üniversitesi İnsan Araştırmaları Etik Kurulu 13.10.2020 tarih ve 2018-20016-53 sayılı kararı ile alınmıştır.

### 2.1. Besin Tüketim Sıklığı

Besin tüketim sıklığı; süt ve süt ürünleri, et-yumurta-kuru baklagiller, sebze ve meyveler, ekmek ve tahıllar, yağ-şeker-tatlı içecekler olmak üzere 5 ana besin grubu ve 45 besinden oluşmaktadır. Bireylerin son 1 ay içerisinde bu besinleri ne sıklıkta tükettikleri sorgulanmaktadır. Besinlerin tüketim durumları "her gün, haftada 5-6 gün, haftada 3-4 gün, haftada 1-2 gün, 15 günde 1, ayda 1 veya hiç" şeklinde kategorize edilmektedir.

## 2.1. 24 Saatlik Besin Tüketim Kaydı

Bireylerden 24 saatlik geriye dönüşlü besin tüketim kaydı alınmıştır. Bireylerin kahvaltı, öğle yemeği, akşam yemeği ve ara öğünlerde tükettikleri besinler sorgulanmıştır. Besinlerin miktarları ve bileşimindeki besin öğeleri Beslenme Bilgi Sistemi (BEBİS) 7.2 programı kullanılarak analiz edilmiş ve RDI (Diyetsel Referans Alımı) miktarları ile karşılaştırılmıştır.

## 2.3. Antropometrik Ölçümler

Bireylerin vücut ağırlıkları, boy uzunlukları, beden kütle indeksi değerleri (BKİ), bel çevresi, kalça çevresi ve bel/kalça oranları araştırmacılar tarafından ölçülmüştür. Boy uzunlukları, Mesilife marka boy ölçer ile ölçülürken, vücut ağırlıkları Tanita BC 730 cihazı ile tespit edilmiştir. Boy uzunluğu ve vücut ağırlığı ölçümleri, bireylerin başı dik, ayakkabısız ve gözleri karşıya bakar şekilde, Frankfurt düzlemi doğrultusunda yapılmıştır. Bireylerin BKİ değerleri,  $BKİ = \text{Vücut ağırlığı (kg)} / \text{Boy (m}^2\text{)}$  formülüyle hesaplanarak Dünya Sağlık Örgütü'nün BKİ sınıflandırmasına göre değerlendirilmiştir (WHO., 2010).

## 2.4. Sağlıklı Yeme İndeksi-2010 (SYİ-2010)

Sağlıklı Yeme İndeksi-2010 (SYİ-2010), 9 yeterlilik bileşeni ve 3 sınırlılık bileşeni olmak üzere toplamda 12 bileşenden oluşmaktadır. Yeterlilik bileşenlerinde, ilgili besin maddelerinin tüketimi arttıkça alınan puanlar orantılı olarak yükselirken; sınırlılık bileşenlerinde, besin gruplarının tüketimi arttıkça puanlar orantısız olarak azalmaktadır. Bu 12 bileşenin toplamından alınan puanlar 0 ile 100 arasında değişmekte ve 100 puan, mükemmel beslenme kalitesi olarak kabul edilmektedir. Bireylerin diyet kalitesini değerlendirirken, puan 80'in üzerinde ise "iyi diyet kalitesi", 51-80 arasında ise "geliştirilmesi gereken diyet kalitesi", 50 puan ve altında ise "kötü diyet kalitesi" olarak sınıflandırılmaktadır (Guenther et al., 2014).

## 2.5. Duygusal Yeme Ölçeği

Duygusal Yeme Ölçeği; bireylerin duygusal yeme durumlarının belirlenmesi amacıyla Bilgen tarafından 2018 yılında geliştirilmiştir (Bilgen., 2018). Ölçek "gerginlik durumlarında yeme, olumsuz duygularla başa çıkabilmek için yemek yeme, kendini kontrol edebilme ve uyarıcı karşısında kontrol" olmak üzere 4 faktör ve 30 sorudan oluşmaktadır. Ölçek 5'li likert skala ile (asla=1, nadiren=2, bazen=3, sıklıkla=4 ve her zaman=5) puanlandırılmaktadır. Ölçekten alınabilecek en yüksek puan 150'dir ve 75 puan ve üzeri puan alınması duygusal yeme durumu olarak kabul edilmektedir.

## 2.6. COVID-19 Korku Ölçeği

COVID-19 Korku Ölçeği, bireylerde COVID-19 kaynaklı korkunun ölçülmesi amaçlı Ahorsu ve arkadaşları tarafından 2020 yılında geliştirilmiştir (Ahorsu et al., 2020). Ölçeğin Türkçe geçerlilik ve güvenilirlik çalışması ise Ladikli ve arkadaşları tarafından yapılmıştır (Ladikli et al., 2020). Ölçek tek faktörlü yapıda olup 7 maddeden oluşmaktadır. 5'li likert skala

(1=kesinlikle katılmıyorum, 5=kesinlikle katılıyorum) puanlandırılmaktadır. Ölçekten alınan yüksek puan koronavirüs korkusunun yüksek olduğunu göstermektedir.

## 2.7. İstatistiksel Analiz

Bu çalışmanın istatistiksel analizleri, SPSS (Statistical Package for Social Sciences) paket programı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Tanımlayıcı istatistiksel veriler ortalama, standart sapma, maksimum ve minimum değerler, frekans dağılımı ve yüzdelik dilimler aracılığıyla incelenmiştir. Kategorik değişkenler arasındaki ilişkiler ise Pearson korelasyon testi ile değerlendirilmiştir. İstatistiksel anlamlılık düzeyi  $p < 0.05$  olarak kabul edilmiştir. 24 saatlik besin tüketim kaydından elde edilen veriler Beslenme Bilgi Sistemi (BEBİS) 7.2 yazılımı ile analiz edilmiştir.

## 3. BULGULAR VE TARTIŞMA

Çalışmaya katılan bireylerin demografik bilgileri Çizelge 1’de verilmiştir. Bireylerin %65,4’ü kadın iken %34,6’sı erkek bireydir. Bireylerin %66’sı bekar, %63,3’ü üniversite mezunudur. Bireylerin yaş ortalaması  $28,8 \pm 9,9$  olmakla birlikte %44’ünün öğrenci, %24’ünün ise işçi olduğu görülmektedir. Bireylerin %12’sinin herhangi bir fiziksel aktivite yaptığı, bu bireylerin de %55,6’sının 4 saat ve üzeri fiziksel aktivite yapma süresine sahip olduğu bulunmuştur.

Çizelge 3.1 Bireylerin demografik özellikleri

Değişkenler	n	%	
Cinsiyet	Erkek	52	34,6
	Kadın	98	65,4
Medeni Durum	Evli	49	34
	Bekar	101	66
Eğitim Durumu	İlkokul	10	6,7
	Ortaokul	3	3,3
	Lise	43	26,7
	Üniversite	93	63,3
Meslek	Memur	16	10,7
	Öğrenci	66	44
	Serbest meslek	18	12
	Ev hanımı	14	9,3
	İşçi	36	24
Fiziksel Aktivite Durumu	Evet	18	12

	Hayır	132	88
<b>Fiziksel Aktivite Süresi</b>	Haftada 1-2 saat	2	11,1
	Haftada 2-3 saat	6	33,3
	Haftada >4 saat	10	55,6
	<b>Yaş (Yıl)</b>	<b>X ± SS</b>	<b>28,8 ± 9,9</b>

Bireylerin antropometrik ölçümleri Çizelge 2’de verilmiştir. Çalışmaya katılan kadınların ortalama vücut ağırlıkları  $63,9 \pm 15,9$  kg iken, erkeklerin ağırlık ortalaması  $82,8 \pm 14,8$  kg’ dır. Kadınların BKİ ortalaması  $24 \pm 5,6$  kg/m<sup>2</sup> iken erkeklerin BKİ ortalaması  $26,7 \pm 4,6$  kg/m<sup>2</sup> olarak bulunmuştur Kadınların bel ve kalça çevresi ortalamaları sırasıyla  $81,9 \pm 16,6$  cm ve  $102,1 \pm 15,7$  cm iken; erkeklerin bel ve kalça çevresi ortalamaları sırasıyla  $95,5 \pm 14$  cm ve  $112,1 \pm 14,8$  olarak bulunmuştur.

**Çizelge 2.** Bireylerin antropometrik ölçümlerinin değerlendirilmesi

<b>Antropometrik Ölçümler</b>	<b>Erkek (n:52) X ± SS</b>	<b>Kadın (n:98) X ± SS</b>	<b>Toplam (n:150) X ± SS</b>
<b>Vücut ağırlığı (kg)</b>	$82,8 \pm 14,8$	$63,9 \pm 15,9$	$70,5 \pm 17,9$
<b>Boy uzunluğu (cm)</b>	$176 \pm 5,6$	$163 \pm 5,7$	$167,5 \pm 8,4$
<b>BKİ (kg/m<sup>2</sup>)</b>	$26,7 \pm 4,6$	$24 \pm 5,6$	$24,9 \pm 5,4$
<b>Bel çevresi (cm)</b>	$95,5 \pm 14$	$81,9 \pm 16,6$	$86,6 \pm 17$
<b>Kalça çevresi (cm)</b>	$112,1 \pm 14,8$	$102,1 \pm 15,7$	$105,5 \pm 16,1$
<b>Bel/Kalça oranı</b>	$0,85 \pm 0,07$	$0,79 \pm 0,08$	$0,81 \pm 0,08$

X: Ortalama; SS: Standart Sapma

Bireylerin SYİ-2010 toplam puanları ve diyet kalitelerinin sınıflandırılması Çizelge 3’te verilmiştir. Bireylerin sağlıklı yeme indeksinden aldıkları ortalama puanların kadınlarda  $75,22 \pm 12,32$  iken erkeklerde  $73,13 \pm 9,93$  olduğu ve kadınların erkeklere göre diyet kalitelerinin daha yüksek olduğu bulunmuştur. Erkek bireylerin %80,8’i geliştirilmesi gereken, %19,2’si ise iyi diyet kalitesine sahipken kadın bireylerin %59,2’si geliştirilmesi gereken, %37,7’sinin ise iyi diyet kalitesine sahip olduğu görülmektedir.

**Çizelge 3.** Bireylerin SYİ-2010 puanlarının değerlendirilmesi

	<b>Erkek (n:52)</b> <b>X ± SS</b>	<b>Kadın (n:98)</b> <b>X ± SS</b>	<b>Toplam (n:150)</b> <b>X ± SS</b>
<b>Toplam Puan</b>	73,13 ± 9,93	75,22 ± 12,32	74,49 ± 11,55
	<b>n (%)</b>	<b>n (%)</b>	<b>n (%)</b>
<b>Kötü diyet kalitesi</b>	-	3 (3,1)	3 (2)
<b>Geliştirilmesi gereken diyet kalitesi</b>	42 (80,8)	58 (59,2)	100 (66,7)
<b>İyi diyet kalitesi</b>	10 (19,2)	37 (37,7)	47 (31,3)

Bireylerin Duygusal Yeme Ölçeği ve COVID-19 Korku Ölçeği maddeleri ve toplam puanlarına ilişkin tanımlayıcı istatistikler Çizelge 4'te verilmiştir. Kadınların duygusal yeme ölçeği toplam puanları  $75,2 \pm 25,8$  iken erkeklerin puan ortalamaları  $64,3 \pm 24,4$  olarak bulunmuştur. Kadın bireylerin duygusal yeme ölçek puanlarının erkeklere göre daha yüksek olduğu görülmektedir. COVID-19 korkusu ölçeği puanlarına bakıldığında ise kadın bireylerin ortalama puanlarının ( $19,44 \pm 7,18$ ) erkeklere göre ( $16,10 \pm 5,70$ ) daha yüksek olduğu görülmüştür. COVID-19'a yönelik korkunun kadın bireylerde daha yüksek olduğu görülmektedir.

**Çizelge 4.** Bireylerin Duygusal Yeme Ölçeği ve COVID-19 Korku Ölçeği toplam puanlarının değerlendirilmesi

<b>Ölçek Maddeleri ve Toplam Puanları</b>	<b>Erkek (n:52) X ± SS</b>	<b>Kadın (n:98) X ± SS</b>	<b>Toplam (n:150) X ± SS</b>
<b>Gerginlik durumlarında yeme</b>	20,8 ± 10,1	24,2 ± 10,3	23,9 ± 10,3
<b>Olumsuz duygularla başa çıkabilme için yeme</b>	18,23 ± 8,6	23,5 ± 10,4	21,7 ± 10,1
<b>Kendini kontrol edebilme</b>	16 ± 4,9	17,2 ± 5,6	16,8 ± 5,4
<b>Uyaran karşısında kontrol</b>	9,3 ± 3	10,1 ± 3,2	9,8 ± 3,2
<b>Duygusal Yeme Ölçeği Toplam Puanı</b>	64,3 ± 24,4	75,2 ± 25,8	71,4 ± 25,8
<b>COVID-19'dan çok korkarım</b>	2,98 ± 1,32	3,29 ± 1,38	3,18 ± 1,36



<b>COVID-19'u düşünmek beni rahatsız eder.</b>	3,00 ± 1,33	3,40 ± 1,44	3,26 ± 1,41
<b>COVID-19'u düşündüğümde ellerim terler.</b>	1,48 ± 0,94	1,70 ± 1,23	1,63 ± 1,14
<b>COVID-19 yüzünden hayatımı kaybetmekten korkuyorum.</b>	2,40 ± 1,43	3,12 ± 1,61	2,87 ± 1,59
<b>Sosyal medyada COVID-19 ile ilgili haberleri ve hikayeleri izlediğimde gergin ve endişeli olurum</b>	2,71 ± 1,42	3,54 ± 1,45	3,25 ± 1,49
<b>COVID-19'a yakalanmaktan endişelendiğim için uyuyamıyorum.</b>	1,40 ± 0,96	1,71 ± 1,16	1,61 ± 1,10
<b>COVID-19'a yakalandığımı düşündüğümde kalbim hızlanır veya çarpıntı yaşarım.</b>	2,12 ± 1,45	2,67 ± 1,63	2,48 ± 1,59
<b>COVID-19 Korkusu Ölçeği Toplam Puanı</b>	16,10 ± 5,70	19,44 ± 7,18	18,28 ± 6,87

Bireylerin ölçek puanları arasındaki ilişkinin incelenmesi Çizelge 5'te verilmiştir. Bireylerin duygusal yeme ölçeği maddeleri ve toplam puanı ile COVID-19 korku ölçeği toplam puanı arasında pozitif yönlü anlamlı bir ilişki olduğu bulunmuştur ( $p < 0,05$ ). Bireylerin COVID-19'a yönelik korku-endişe durumları arttıkça duygusal yeme durumlarının da arttığı görülmektedir. Polonya'da pandemi döneminde yapılan bir çalışmada, korku seviyesinin en yüksek olduğu gruptaki bireylerin diğer gruplara göre yeme davranışlarında daha fazla değişiklik olduğu ve duygusal yeme alışkanlıklarında artış olduğu görülmüştür. Bu durum COVID-19'a yakalanma korkusunun bireylerin beslenme davranışlarını etkilediğini göstermektedir (Kowalczyk et al., 2021). Pandemi döneminde kadınlarda artan duygusal yemenin nedenlerini araştıran bir çalışmada, orta ve yüksek seviyelerde duygusal yeme alışkanlığına sahip bireylerin daha yüksek düzeyde anksiyete ve stres yaşadıkları belirlenmiştir (Al-Musharaf., 2020).

### Çizelge 5. Bireylerin ölçek puanları arasındaki ilişkinin incelenmesi

Duygusal Yeme Ölçeği Maddeleri	COVID-19 Korku Ölçeği	
	r	p
Gerginlik durumlarında yeme	0,176	0,031*
Olumsuz duygular ile başa çıkabilme için yeme	0,229	0,005*
Kendini kontrol edebilme	0,192	0,019*
Uyaran karşısında kontrol	0,190	0,020*
<b>Duygusal Yeme Ölçeği Toplam Puanı</b>	<b>0,225</b>	<b>0,006*</b>

r: Pearson korelasyonu, \*p<0,05 anlamlı kabul edilmektedir

#### 4.SONUÇLAR VE DEĞERLENDİRME

Bu çalışmadan elde edilen bulgular doğrultusunda; COVID-19 korkusunun, bireylerin diyet kalitesini iyileştirdiği ancak duygusal yeme davranışlarını artırdığı tespit edilmiştir. Korku seviyelerinin artmasıyla birlikte, bireylerin sağlıklı beslenmeye yönelme eğiliminde oldukları gözlemlenmekle birlikte duygusal yeme durumu daha çok kadınlarda görülmüş olup stresle başa çıkma mekanizması olarak kullanıldığı düşünülmüştür. Bu bulgular, pandemi sürecinde bireylerin psikolojik destek almasının, sağlıklı beslenme alışkanlıkları geliştirmelerinde faydalı olabileceğini göstermektedir.

#### KAYNAKÇA

Ahorsu, D. K., Lin, C. Y., Imani, V., Saffari, M., Griffiths, M. D., & Pakpour, A. H. (2020). The fear of COVID-19 scale: development and initial validation. *International Journal of Mental Health and Addiction*, 1-9.

Al-Musharaf, S. (2020). Prevalence and Predictors of Emotional Eating among Healthy Young Saudi Women during the COVID-19 Pandemic. *Nutrients*, 12(10), 2923.

Barzilay, R., Moore, T. M., Greenberg, D. M., Didomenico, G. E., Brown, L. A., White, L. K., Gur, R. C., & Gur, R. E. (2020). Resilience, COVID- 19-related stress, anxiety and depression during the pandemic in a large population enriched for healthcare providers. *Translational Psychiatry*, 10(1).

Bilgen, S. Ş. *Türkçe Duygusal Yeme Ölçeği Geliştirilmesi Geçerlilik ve Güvenirliği Çalışması*. Yüksek Lisans Tezi. Üsküdar Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul, 2018.

Di Renzo, L., Gualtieri, P., Cinelli, G., Bigioni, G., Soldati, L., Attinà, A., Bianco, F. F., Caparello, G., Camodeca, V., Carrano, E., Ferraro, S., Giannattasio, S., Leggeri, C., Rampello, T., Lo Presti, L., Tarsitano, M. G., & De Lorenzo, A. (2020). Psychological Aspects and Eating Habits during COVID-19 Home Confinement: Results of EHLC-COVID-19 Italian Online Survey. *Nutrients*, 12(7), 2152.

Kowalczyk, I., & Gębski, J. (2021). Impact of Fear of Contracting COVID-19 and Complying with the Rules of Isolation on Nutritional Behaviors of Polish Adults. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(4), 1631.

Ladikli, N., Bahadır, E., Yumuşak, F. N., Akkuzu, H., Karaman, G. ve Türkkan, Z. (2020). Kovid-19 Korkusu Ölçeği'nin Türkçe güvenirlik ve geçerlik çalışması. *Uluslararası Sosyal Bilimler Dergisi*, 3(2), 71-80.

Macht, M. (2008). How emotions affect eating: a five-way model. *Appetite*, 50(1), 1-11.

Naja, F., & Hamadeh, R. (2020). Nutrition amid the COVID-19 pandemic: a multi-level framework for action. *European Journal of Clinical Nutrition*, 74(8), 1117-1121.

Ornell, F., Schuch, J. B., Sordi, A. O., & Kessler, F. H. P. (2020). "Pandemic fear" and COVID-19: mental health burden and strategies. *Brazilian Journal of Psychiatry*, 42(3), 232-235.

Pellegrini, M., Ponzio, V., Rosato, R., Scumaci, E., Goitre, I., Benso, A., Belcastro, S., Crespi, C., De Michieli, F., Ghigo, E., Broglio, F., & Bo, S. (2020). Changes in Weight and Nutritional Habits in Adults with Obesity during the "Lockdown" Period Caused by the COVID-19 Virus Emergency. *Nutrients*, 12(7), 2016

Shigemura, J., Ursano, R. J., Morganstein, J. C., Kurosawa, M., & Benedek, D. M. (2020). Public responses to the novel 2019 coronavirus (2019-nCoV) in Japan: Mental health consequences and target populations. *Psychiatry and Clinical Neuroscience*, 74(4), 281-282.

<https://www.who.int/europe/news-room/fact-sheets/item/a-healthy-lifestyle---who-recommendations> (Erişim tarihi: 01.03.2025)

## YETİŞKİN BİREYLERİN ÖĞÜN SAYISI, FİZİKSEL AKTİVİTE DÜZEYİ VE UYKU DÜZEYLERİNİN ANTROPOMETRİK ÖLÇÜMLER İLE İLİŞKİSİ

### RELATIONSHIP BETWEEN NUMBER OF MEALS, PHYSICAL ACTIVITY LEVEL AND SLEEP LEVELS OF ADULTS AND ANTHROPOMETRIC MEASUREMENTS

**Uzm. Dyt. MERVE SAATCI**

İstanbul Bilgi Üniversitesi Sağlık Bilimleri Fakültesi Beslenme ve Diyetetik Bölümü,  
İstanbul, Türkiye, dyt.mervesaatci@gmail.com - 0009-0000-3351-3193

**Arş. Gör. YASEMİN AÇAR**

Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Fakültesi, Beslenme ve Diyetetik Bölümü,  
Samsun, Türkiye, dytyaseminacar@gmail.com - 0000-0002-3567-0384

**Arş. Gör. Dr. GÜL EDA KILINÇ**

Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Fakültesi, Beslenme ve Diyetetik Bölümü,  
Samsun, Türkiye, guleda.kilinc@omu.edu.tr - 0000-0002-9068-3081

**Doç. Dr. BİRSEN DEMİREL**

Ondokuz Mayıs Üniversitesi Sağlık Bilimleri Fakültesi, Beslenme ve Diyetetik Bölümü,  
Samsun, Türkiye, birsen.demirel@omu.edu.tr - 0000-0003-3897-1446

## ÖZET

Obezite, hem dünya genelinde hem de Türkiye’de prevalansı giderek artan bir küresel sağlık sorunu olarak karşımıza çıkmaktadır. bireylerin öğün sayısı, beslenme alışkanlıkları, uyku düzenleri ve fiziksel aktivite düzeyleri, obezite gelişimini etkileyen faktörler arasında yer almaktadır. Bu çalışmada yetişkin bireylerin öğün sayısı, fiziksel aktivite düzeyi ve uyku düzeylerinin bireylerin antropometrik ölçümleri üzerindeki etkisinin incelenmesi amaçlanmıştır. Tanımlayıcı kesitsel nitelikteki bu çalışmaya 19-65 yaş aralığındaki 50 yetişkin birey dahil edilmiştir. Veriler, demografik bilgileri içeren anket formu, 24 saatlik geriye dönümlü besin tüketim kaydı, 3 günlük uyku günlüğü, Pittsburgh Uyku Kalite İndeksi (PUKİ) ve Uluslararası Kısa Fiziksel Aktivite Kaydı aracılığıyla toplanmıştır. Verilerin analizi R Studio (R-Studio Data Software) programı kullanılarak yapılmış ve anlamlılık düzeyi  $p < 0,05$  olarak belirlenmiştir. Çalışmaya katılan bireylerin %78’i kadın, %22’si erkektir. Bireylerin yaş ortalamaları  $41,42 \pm 13,63$  yıl ve Beden Kütle İndeksi (BKİ) ortalamaları kadın ve erkeklerde sırasıyla  $27,69 \pm 3,94$  ve  $29,20 \pm 5,16$   $\text{kg/m}^2$  dir. Çalışmaya katılan bireylerin %42’sinin günde 4 öğün tükettiği; erkeklerin ortalama enerji alımının  $1793,5 \pm 629,8$  kkal, kadınların ise  $1426,3 \pm 320,6$  kkal olduğu tespit edilmiştir. Bireylerin %52’sinin fiziksel olarak inaktif olduğu; 7 saat ve daha kısa uyku süresine sahip bireylerin, 7 saatten fazla uyuyanlara göre daha yüksek BKİ, bel çevresi ve kalça çevresi ortalamalarına sahip olduğu gözlemlenmiştir ( $p > 0,05$ ). Öğün sayısının bel çevresi, kalça çevresi, vücut yağ oranı ve yağ dokusu ile pozitif bir korelasyon gösterdiği; PUKİ puanları ile bel çevresi, yağsız vücut kütlesi (kg) ve yağsız doku yüzdesi arasında da pozitif bir ilişki bulunduğu saptanmıştır. Yeterli ve kaliteli uyku, hem fiziksel hem de zihinsel sağlık için gereklidir. Öğün sayısının düşük olması, kısa uyku süresi ve yetersiz

fiziksel aktivite seviyesi, obezite riskini artıran faktörlerdendir. Uyku kalitesinin artırılması ile vücut ağırlığı kontrol altında tutulabilmektedir. Bu kapsamda bireylere beslenmelerinde 3 ana, 1-2 ara öğün yapma alışkanlığı kazandırılmalı; obezitenin önlenmesinde multidisipliner bir yaklaşım benimsenmeli ve toplumda farkındalık yaratılması için eğitim ve bilgilendirmeler yapılmalıdır.

**Anahtar Kelimeler:** Obezite, öğün sıklığı, uyku düzeni, fiziksel aktivite, beslenme

## ABSTRACT

Obesity is a global health problem with increasing prevalence both worldwide and in Turkey. The number of meals, eating habits, sleep patterns and physical activity levels of individuals are among the factors affecting the development of obesity. In this study, it was aimed to investigate the effects of the number of meals, physical activity levels and sleep levels on the anthropometric measurements of adult individuals. In this descriptive cross-sectional study, 50 adults aged 19-65 years were included. Data were collected using a questionnaire including demographic information, a 24-hour retrospective food consumption record, a 3-day sleep diary, the Pittsburgh Sleep Quality Index (PSQI) and the International Brief Physical Activity Record. The data were analysed using R Studio (R-Studio Data Software) and the significance level was set as  $p < 0.05$ . Of the individuals who participated in the study, 78% were female and 22% were male. The mean age of the individuals was  $41.42 \pm 13.63$  years and the mean Body Mass Index (BMI) was  $27.69 \pm 3.94$  and  $29.20 \pm 5.16$  kg/m<sup>2</sup> in women and men, respectively. It was determined that 42% of the individuals who participated in the study consumed 4 meals a day; the mean energy intake of men was  $1793.5 \pm 629.8$  kcal and that of women was  $1426.3 \pm 320.6$  kcal. It was observed that 52% of the individuals were physically inactive; individuals who slept 7 hours or less had higher BMI, waist circumference and hip circumference averages than those who slept more than 7 hours ( $p > 0.05$ ). It was found that the number of meals was positively correlated with waist circumference, hip circumference, body fat percentage and adipose tissue, and there was a positive correlation between PCI scores and waist circumference, lean body mass (kg) and lean tissue percentage. Adequate and quality sleep is necessary for both physical and mental health. Low number of meals, short sleep duration and insufficient physical activity level are among the factors that increase the risk of obesity. Body weight can be kept under control by increasing sleep quality. In this context, individuals should be given the habit of 3 main meals and 1-2 snacks in their diets; a multidisciplinary approach should be adopted in the prevention of obesity and education and information should be provided to raise awareness in the society.

**Keywords:** Obesity, meal frequency, sleep patterns, physical activity, nutrition

## 1. GİRİŞ

Obezite, 21. yüzyılın en büyük halk sağlığı sorunlarından biridir (Haslam & James., 2015). Obezite, diyabet, hipertansiyon, dislipidemi ve obstrüktif uyku apnesi gibi ciddi sağlık sorunlarına yol açarak, bu hastalıkların yaygınlığını artırmakta ve buna bağlı olarak sağlık harcamalarını yükseltmektedir. Obezitenin başlıca nedenleri arasında, kötü beslenme alışkanlıkları, yetersiz fiziksel aktivite ve uyku süresindeki değişiklikler yer almaktadır

(Withrow & Alter., 2011; Liu et al., 2018). Artan enerji alımı ve azalmış fiziksel aktivite ile birlikte düzensiz uyku süreleri de ağırlık kazanımını etkileyerek obezite gelişimine neden olmaktadır. Yapılan çalışmalar, obez bireylerin uyku kalitesinin, normal kilodaki bireylere kıyasla daha düşük olduğunu ortaya koymuştur. Bunun yanı sıra, obezite ile ilişkili yüksek kan basıncı, yüksek serum trigliserit seviyeleri ve düşük fiziksel aktivite süreleri de sıkça gözlemlenmektedir (Bos et al., 2018; Chaput et al., 2014; Guh et al., 2009). Bu bulgular, obezitenin yalnızca vücut ağırlığını değil, aynı zamanda kardiyovasküler sağlık ve metabolik sağlığı da olumsuz yönde etkilediğini göstermektedir. Ayrıca, düzensiz uyku süreleri ile obezite arasındaki ilişki, uyku bozukluklarının obezite gelişimine katkıda bulunan bir faktör olabileceğini de göstermektedir.

Bu bilgiler ışığında bu çalışmada; yetişkin bireylerin öğün sayısı, fiziksel aktivite düzeyi ve uyku düzeylerinin bireylerin antropometrik ölçümleri üzerindeki etkisinin incelenmesi amaçlanmıştır.

## 2. YÖNTEM

Tanımlayıcı kesitsel nitelikteki bu çalışmaya, Nisan 2018- Mart 2019 tarihleri arasında İstanbul Türk Kalp Vakfı'na başvuran 19-65 yaş aralığındaki 50 yetişkin birey dahil edilmiş, tanı konmuş bir hastalığı olan, diyet uygulayan, gebe olan, ilaç kullanan ve vardiyalı bir çalışma düzenine sahip olan kişiler ise çalışmaya dahil edilmemiştir. Bireyler, gönüllülük esasına göre bilgilendirilmiş ve onamları alındıktan sonra çalışmaya alınmıştır. Verilerin toplanmasında demografik bilgileri içeren bir anket, 24 saatlik geriye dönüşlü besin tüketim kaydı, 3 günlük uyku günlüğü, Pittsburgh Uyku Kalite İndeksi (PUKİ) ve Uluslararası Kısa Fiziksel Aktivite Kaydı (IPAQ) kullanılmıştır. Anket soruları araştırmacılar tarafından yüzyüze toplanmıştır. Çalışmanın Etik onayı İstanbul Bilgi Üniversitesi İnsan Araştırmaları Etik Kurulu 24.04.2018 tarih ve 2018-20016-53 sayılı kararı ile alınmıştır.

### 2.1. Pittsburgh Uyku Kalite İndeksi (PUKİ)

Pittsburgh Uyku Kalite İndeksi (PUKİ), 1989 yılında Buysse ve arkadaşları tarafından geliştirilip, 1996 yılında Ağargün ve arkadaşları tarafından Türkçe geçerlilik güvenilirlik çalışması yapılmıştır. PUKİ, bireylerin son bir aydaki uyku bozukluğu ve kalitesini değerlendirmekte kullanılan bir ölçektir. PUKİ; öznel uyku kalitesi, uyku latensi, uyku süresi, alışılmış uyku etkinliği, uyku bozukluğu, uyku ilacı kullanımı ve gündüz uyku işlev bozukluğu olmak üzere toplam 24 soru içeren 7 alt bileşenden oluşmaktadır. Bu bileşenler 0-3 puan arasında puanlanmakla birlikte ölçeğin toplam puanı 0 ile 21 puan arasında değişiklik göstermektedir. Toplam puanın 5 ve üzerinde olması kötü uyku kalitesi, 5 puanın altında olması ise iyi uyku kalitesini göstermektedir. Toplam puandaki artış uyku kalitesinde azalma ile yorumlanmaktadır (Buysse et al., 1989; Ağargün et al., 1996).

### 2.2. Uluslararası Fiziksel Aktivite Anketi (IPAQ)

Uluslararası Fiziksel Aktivite Anketi (IPAQ) 1996 yılında Booth tarafından yetişkin bireylerin fiziksel aktivite düzeylerini saptamak için geliştirilmiştir. Anketin kısa ve uzun formu olmak üzere 2 türü olmakla birlikte bu çalışmada kısa formu kullanılmıştır. Anket 4 farklı bölümden oluşmakta ve toplamda 7 soru içermektedir. Bireylerin son 7 gün içinde en az 10 dk ve üzeri

süre ile yaptığı fiziksel aktiviteler ile ilgili soruları içermektedir. “Birinci bölüm şiddetli bedensel güç gerektiren fiziksel aktiviteleri, ikinci bölüm orta şiddetli fiziksel aktiviteleri, üçüncü bölüm yürüme ve dördüncü bölüm ise hareketsiz (oturarak ya da yatarak) geçen zamanı” ifade etmektedir. Fiziksel aktivite düzeylerinin belirlenmesi MET (Metabolic Equivalent of Task) yöntemine göre hesaplanmış ve aşağıda belirtilen formül kullanılmıştır:

“Yapılan aktivitenin süresi (gün/dk) x aktivitenin sıklığı (hafta/gün) x MET skoru (aktivitenin şiddetine göre)”.

IPAQ anketine göre MET skoru katsayıları; şiddetli fiziksel aktiviteler için 8,0; orta şiddetli aktiviteler için 4,0; yürüme için 3,3 şeklinde verilmiştir. Hesaplamaya dördüncü bölüm dahil edilmemektedir.

Tüm bölümler için hesaplama yapıp elde edilen değerlerin toplanmasıyla ulaşılan sonuç bireylerin fiziksel aktivite düzeyini vermektedir:

- “I. Kategori: İnaktif olan bireyler: <600 MET-min/hf
- II.Kategori: Minimum aktif olan bireyler: 600<-<3000 MET-min/hf
- III.Kategori: Çok aktif olan bireyler: >3000 MET-min/hf”

### 2.3. Uyku Günlüğü

Bireylerin 3 günlük ortalama uyku sürelerini hesaplamak için uyku günlüğü kullanılmıştır. Bireylerden 3 gün boyunca gece kaçta uyduklarını ve sabah saat kaçta uyandıklarını kaydetmesi ve istenmiş ve bu 3 günün ortalaması alınarak gündüz ve gece uyku saatleri ayrı ayrı değerlendirilmiştir.

### 2.4. 24 Saatlik Geriye Dönük Besin Tüketim Kaydı

Bireylerin günlük aldığı ortalama makro ve mikro besin öğeleri ile öğün sayılarını saptamak amacıyla bireylerden 2 gün hafta içi, 1 gün hafta sonu olmak üzere toplamda 3 gün boyunca tükettikleri her besini miktarları ile birlikte kaydetmeleri istenmiştir. Bireylerin diyet ile aldıkları günlük enerji ve makro-mikro besin öğeleri (karbonhidrat, protein, yağ, vitamin, mineral, su, alkol) Beslenme Bilgi Sistemi 9.0 (BeBiS) programı kullanılarak analiz edilmiştir.

### 2.5. Antropometrik Ölçümler

Bireylerin vücut bileşimleri Tanita Body Composition Analyzer BC 418 marka bioelektrik impedans analiz cihazı ile ölçülmüştür. Cihazın çalışma prensibi, kişinin vücudundaki çeşitli bölgelere bireyin hissedemeyeceği şiddette (50 kHz) elektrik akımı vererek vücut dokularının elektrik akımına gösterdiği direncin ölçülmesi ile vücut analizini gerçekleştirmektir. Bu kapsamda vücut yağ dokusu ve yağsız doku düzeyleri analiz edilmiştir. Bireylerin boy uzunlukları stadiometre ile ölçülmüştür. Bel çevresi ve kalça çevresi ölçümü için ise esnemeyen mezura kullanılmıştır. Bel çevresi, kişi ayakta ve kolları serbest durumda iken en alt kaburga kemiği ile kalça kemiği çıkıntısının tam ortasındaki noktadan ölçülmüştür. Kalça çevresi ölçümünde bireyler dik pozisyonda iken bireylerin sağ tarafında durularak kalçadaki en geniş bölge belirlenmiş ve esnemeyen mezura ile ölçüm yapılmıştır.

### 2.6. İstatistiksel Analiz

Verinin istatistiksel analizi R Studio (R-Studio Data Software) programı ile yapılmış ve anlamlılık düzeyi  $p<0,05$  olarak kabul edilmiştir.

### 3. BULGULAR VE TARTIŞMA

Çalışmaya katılan bireylerin demografik bilgileri Çizelge 1’de verilmiştir. Bireylerin %78’i kadın iken %22’si erkek bireydir. Bireylerin %52’si evli, %50’si üniversite mezunudur. Bireylerin %44’ü serbest meslek, %30’u memur olduğu görülmektedir. Günde 3 öğün üzeri öğün tüketimi olan bireylerin sayısı %64 olarak bulunmuştur. Bireylerin yaş ortalamaları ise  $41,4 \pm 13,6$  yıl olarak saptanmıştır.

Çizelge 3.1 Bireylerin demografik özellikleri

Değişkenler	n	%	
Cinsiyet	Kadın	39	78
	Erkek	11	22
Medeni Durum	Evli	26	52
	Bekar	24	48
Eğitim Durumu	İlkokul	6	12
	Ortaokul	4	8
	Lise	13	26
	Üniversite	25	50
	Yüksek Lisans	2	4
Meslek	Memur	15	30
	Öğrenci	7	14
	Serbest meslek	22	44
	Ev hanımı	5	10
	Emekli	1	2
Günlük Öğün Sayısı	$\leq 3$ öğün / gün	18	36
	$> 3$ öğün / gün	32	64
Yaş (Yıl)	$X \pm SS$	$41.42 \pm 13,63$	

Bireylerin antropometrik ölçümleri Çizelge 2’de verilmiştir. Çalışmaya katılan kadınların BKİ ortalaması  $27,6 \pm 3,9$  kg/m<sup>2</sup> iken erkeklerin BKİ ortalaması  $29,2 \pm 5,1$  kg/m<sup>2</sup> olarak bulunmuştur. Kadınların ortalama vücut ağırlıkları  $71,8 \pm 10,6$  kg iken, erkeklerin ağırlık ortalaması  $89,0 \pm 14,7$  kg’dır. Kadınların bel ve kalça çevresi ortalamaları sırasıyla  $104,5 \pm 120,2$  cm ve  $107,8 \pm 7,6$  cm iken; erkeklerin bel ve kalça çevresi ortalamaları sırasıyla  $101,0 \pm 12,4$  cm ve  $107,0 \pm 8,1$  olarak bulunmuştur.



## Çizelge 2. Bireylerin antropometrik ölçümlerinin değerlendirilmesi

Antropometrik Ölçümler	Kadın (n:39) X ± SS	Erkek (n:11) X ± SS
BKİ (kg/m <sup>2</sup> )	27,69 ± 3,94	29,20 ± 5,16
Boy uzunluğu (cm)	161,1 ± 5,71	174,82 ± 6,61
Vücut ağırlığı (kg)	71,87 ± 10,63	89,06 ± 14,78
Bel çevresi (cm)	104,5 ± 120,2	101,0 ± 12,44
Kalça çevresi (cm)	107,82 ± 7,63	107,0 ± 8,142
Vücut yağı (%)	35,78 ± 5,56	25,06 ± 6,86
Yağ dokusu (kg)	26,17 ± 7,28	22,98 ± 9,16
Yağsız doku (%)	64,19 ± 5,54	73,92 ± 6,86
Yağsız doku (kg)	45,73 ± 4,83	67,13 ± 9,09

X: Ortalama; SS: Standart Sapma

Bireylerin günlük ortalama öğün sayıları ve uyku sürelerine göre antropometrik ölçümlerinin değerlendirilmesi Çizelge 3'te verilmiştir. Günde 3 öğün ve daha az sayıda öğün tüketen bireylerin BKİ ve bel çevresi ortalamalarının günde 3 öğünden fazla öğün tüketen bireylere göre daha yüksek olduğu görülmüştür ancak öğün sayıları ile antropometrik değişkenler arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunamamıştır ( $p > 0.05$ ).

Holmbäck ve arkadaşları tarafından 1654 katılımcı ile gerçekleştirilen bir araştırmada, yeme sıklığının BKİ ve bel çevresi ile olan ilişkisi incelenmiştir. Araştırma sonuçlarına göre, günde üç veya daha az öğün tüketen erkeklerde, altı ya da daha fazla öğün tüketenlere kıyasla toplam enerji alımının arttığı ve bunun santral obezite riskini yükselttiği gözlemlenmiştir. Ancak, bu durum kadınlar arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark yaratmamıştır (Holmbäck et al., 2010). Amerika'da yapılan ve 3470 erkek ile 3420 kadının katıldığı başka bir araştırmada ise öğün sıklığı, enerji alımı, enerji yoğunluğu, diyet kalitesi ve vücut ağırlığı arasındaki ilişki incelenmiştir. Bu çalışmanın bulgularına göre, ortalama öğün sıklığı erkeklerde 4,48, kadınlarda ise 4,38 olarak belirlenmiştir. Daha sık öğün tüketen yetişkinlerin, daha düşük enerji yoğunluğu ve daha iyi bir beslenme kalitesi ile daha sağlıklı beslendikleri, ayrıca öğün sıklığının vücut ağırlığı ve bel çevresiyle ters bir ilişki gösterdiği ortaya çıkmıştır (Zhu et al., 2016).

Aljuraiban ve arkadaşları tarafından 40 ile 59 yaş arasındaki 2696 bireyle gerçekleştirilen bir başka çalışmada, öğün sıklığının bireylerin BKİ ve diyet kalitesi üzerindeki etkisi incelenmiştir. Çalışmaya göre, günde dört veya daha az öğün tüketen katılımcıların ortalama BKİ'si 29 kg/m<sup>2</sup> ve günlük toplam enerji alımları 2472 kkal olarak hesaplanırken; altı veya daha fazla öğün tüketenlerin ortalama BKİ'si 27,3 kg/m<sup>2</sup> ve enerji alımları ise 2129 kkal olmuştur. Araştırmanın sonuçları, öğün sayısının az olması ve sık beslenmenin daha iyi bir diyet kalitesi ve düşük BKİ ile ilişkilendirilebileceğini göstermektedir (Aljuraiban et al., 2015).

Bireylerin ortalama gece uyku süreleri incelendiğinde ise günde 7 saat ve daha az ortalama uyku süresine sahip olan bireylerin BKİ, bel ve kalça çevresi ortalamalarının günde 7 saatten daha fazla uyuyan bireylere göre daha yüksek olduğu ancak uyku süreleri ile antropometrik değişkenler arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunamadığı görülmüştür ( $p>0.05$ ). Bir meta-analiz çalışmasında, yetişkinlerde günlük bir saatlik daha az uyumanın BKİ üzerinde 0,35 kg/m<sup>2</sup>'lik bir artışa yol açabileceği bulunmuştur. Bu bulgu, 178 cm boyundaki bir birey için yaklaşık 1,4 kg'lık bir ağırlık artışına denk geldiği görülmüştür (Cappuccio et al., 2008).

Yaşlı yetişkinler üzerinde yapılan başka bir çalışmada ise, günde 5 saatten daha az uyumanın, 7-8 saat uykuya kıyasla obezite riskini %40 oranında artırdığı gözlemlenmiştir (Xiao et al.,2013). Bu bulgular, gece başına 5-6 saatten daha az uyku ile obezite gelişme riski arasındaki ilişkiyi ortaya koyan 11 prospektif çalışmanın meta-analiziyle de benzerlik göstermiştir (Wu et al., 2014).

**Çizelge 3.** Bireylerin öğün sayısı ve günlük uyku sürelerine göre antropometrik ölçümlerinin değerlendirilmesi

Antropometrik Ölçümler	$\leq 3$ öğün / gün	$> 3$ öğün / gün	t	p
	X ± SS	X ± SS		
<b>BKİ (kg/m<sup>2</sup>)</b>	28,84 ± 5,13	27,56 ± 3,64	1,026	0,310
<b>Bel çevresi (cm)</b>	90,33 ± 15,04	87,82 ± 11,82	0,651	0,518
<b>Kalça Çevresi (cm)</b>	107,67 ± 8,27	107,66 ± 7,44	0,005	0,996
	$\leq 7$ saat / gün	$> 7$ saat / gün	t	p
	X ± SS	X ± SS		
<b>BKİ (kg/m<sup>2</sup>)</b>	28,91 ± 3,94	26,75 ± 3,76	1,73	0,09
<b>Bel Çevresi (cm)</b>	88,35 ± 10,28	86,9 ± 6,33	0,73	0,46
<b>Kalça Çevresi (cm)</b>	109,8 ± 7,08	106,2 ± 7,81	1,50	0,14

Bireylerin antropometrik ölçümleri ile incelenen değişkenler arasında korelasyonlar Çizelge 4'te verilmiştir. Çizelge 4'e ilişkin sonuçlar incelendiğinde, bireylerin Uluslararası Fiziksel Aktivite Anketi, Pittsburg Uyku Kalite İndeksi ve Gece Uyku Ortalamaları ile BKİ, bel çevresi, kalça çevresi, yağ dokusu (kg) ve yağ doku yüzdesi antropometrik ölçümleri arasında arasında negatif korelasyon olduğu bulunmuş olup bireylerin bu antropometrik ölçüm düzeyleri arttıkça fiziksel aktivite düzeylerinin, uyku kalitelerinin ve gece uyku ortalamalarının azaldığı görülmüştür ( $p>0,05$ ).

#### Çizelge 4. Bireylerin Antropometrik Ölçümleri ile İncelenen Değişkenler Arasında Korelasyonlar

Antropometrik Ölçümler	Uluslararası Fiziksel Aktivite Anketi		Pittsburg Uyku Kalite İndeksi		Gece Uyku Ortalaması (saat)	
	r	p	r	p	r	p
BKİ	-0,162	0,261	-0,165	0,253	-0,120	0,408
Bel Çevresi (cm)	-0,063	0,662	0,048	0,743	-0,091	0,532
Kalça Çevresi (cm)	-0,090	0,533	-0,196	0,171	-0,190	0,187
Yağ Dokusu (kg)	-0,166	0,251	-0,261	0,067	-0,131	0,364
Yağ Dokusu (%)	-0,268	0,060	-0,253	0,076	-0,057	0,694
Yağsız Doku (kg)	0,241	0,092	0,142	0,326	-0,115	0,428
Yağsız Doku (%)	0,257	0,072	0,225	0,116	0,112	0,438

#### 4.SONUÇLAR VE DEĞERLENDİRME

Bireylerin beslenmelerinde düşük yağ içeriği ve düşük glisemik indekse sahip besinlere öncelik verip bunu yaşam tarzı değişikliği olarak benimsemeleri, obezite riskinin azaltılmasında atılacak önemli adımlardan biridir. Ayrıca öğün atlama, hızlı yemek yeme ve yemek yerken başka aktivitelerle meşgul olma ve düşük öğün sayısı içeren bir beslenme modeli uygulamak; bireylerin bir sonraki öğünlerinde açlık oranlarının artması ile birlikte ihtiyaçlarından daha fazla besin tüketmelerine neden olmakta ve bireylerin gıda seçimlerini ve vücut kompozisyonunu olumsuz yönde etkilemektedir.

Bu çalışmadan elde edilen bulgular doğrultusunda; bireylerin bel çevresi, kalça çevresi, yağ doku ve yağsız doku gibi antropometrik ölçüm düzeyleri arttıkça fiziksel aktivite düzeylerinin, uyku kalitelerinin ve gece uyku ortalamalarının azaldığı görülmüştür. Bu kapsamda bireylerin beslenmelerinde 3 ana, 1-2 ara öğün yapma alışkanlığı kazandırılması, obezitenin önlenmesinde multidisipliner bir yaklaşım benimsenmesi ve toplumda farkındalık yaratılması için eğitim ve bilgilendirmelerin yapılmasının obezite, vücut ağırlığı ve vücut bileşiminin korunması konusunda önemli bir adım olacağı düşünülmektedir.

#### KAYNAKÇA

Ağargün, M.Y., Kara, H., Anlar, O. (1996). Pittsburgh Uyku Kalitesi İndeksi'nin Geçerliliği ve Güvenirliği. Turk Psikiyatri Dergisi, 7:107-11.

Aljuraiban, G.S., Chan, Q., Oude Griep, L.M., Brown, I.J., Daviglus, M.L., Stamler, J., Van Horn, L., Elliott, P., Frost, G.S. (2015). The impact of eating frequency and time of intake on nutrient quality and Body Mass Index: the INTERMAP Study, a Population-Based Study. J Acad Nutr Diet, 115(4):528-36.e1.

- Booth, M. (2000). Assessment of physical activity: an international perspective. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 71(2), 114-120.
- Bos, M. M., Noordam, R., van den Berg, R., de Mutsert, R., Rosendaal, F. R., Blauw, G. J., ... & van Heemst, D. (2018). Associations of sleep duration and quality with serum and hepatic lipids: The Netherlands Epidemiology of Obesity Study. *Journal of Sleep Research*, e12776.
- Buysse, D.J., Reynolds, C.F., Monk, T.H. (1989). The Pittsburgh Sleep Quality Index: a new instrument for psychiatric practice and research. *Psychiatry Res*, 28:193-213.
- Cappuccio, F. P., Taggart, F. M., Kandala, N. B., Currie, A., Peile, E., Stranges, S., & Miller, M. A. (2008). Meta-analysis of short sleep duration and obesity in children and adults. *Sleep*, 31(5), 619-626.
- Chaput, J. P., Pérusse, L., Després, J. P., Tremblay, A., & Bouchard, C. (2014). Findings from the Quebec family study on the etiology of obesity: genetics and environmental highlights. *Current Obesity Reports*, 3(1), 54-66.
- Guh, D. P., Zhang, W., Bansback, N., Amarsi, Z., Birmingham, C. L., & Anis, A. H. (2009). The incidence of co-morbidities related to obesity and overweight: a systematic review and meta-analysis. *BMC Public Health*, 9(1), 88.
- Haslam DW, James WP. (2015). Obesity. *The Lancet*, 366(9492), 1197–209.
- Holmbäck, I., Ericson, U., Gullberg, B., Wirfält, E. (2010). A high eating frequency is associated with an overall healthy lifestyle in middle-aged men and women and reduced likelihood of general and central obesity in men. *Br J Nutr*, 104(7):1065-73.
- Liu, W., Zhang, R., Tan, A., Ye, B., Zhang, X., Wang, Y., ... & Moore, J. B. (2019). Long sleep duration predicts a higher risk of obesity in adults: a meta-analysis of prospective cohort studies. *Journal of Public Health*, 41(2):e158-e168.
- Xiao, Q., Arem, H., Moore, S. C., Hollenbeck, A. R., & Matthews, C. E. (2013). A large prospective investigation of sleep duration, weight change, and obesity in the NIH-AARP Diet and Health Study cohort. *American Journal of Epidemiology*, 178(11), 1600-1610.
- Withrow, D., & Alter, D. A. (2011). The economic burden of obesity worldwide: a systematic review of the direct costs of obesity. *Obesity Reviews*, 12(2), 131-14.
- Wu, Y., Zhai, L., & Zhang, D. (2014). Sleep duration and obesity among adults: a meta-analysis of prospective studies. *Sleep Medicine*, 15(12), 1456-1462.
- Zhu, Y., & Hollis, J. H. (2016). Associations between eating frequency and energy intake, energy density, diet quality and body weight status in adults from the USA. *British Journal of Nutrition*, 115(12), 2138-2144.

## HEMŞİRELERDE TEKNOSTRES VE BİREYSEL İŞ PERFORMANSI

**Dr. Öğr. Üyesi Seher ÇAKMAK**

Gümüşhane Üniversitesi Sağlık Bilimleri Fakültesi, Hemşirelik Bölümü, Gümüşhane/Türkiye

**Email:** sehercakmak@gumushane.edu.tr

**ORCID:** 0000-0003-4684-8333

### ÖZET

Sağlık bakım ortamları, sağlıklı/hasta bireylere yüksek kalitede hizmet vermeyi amaçlayan ve bu doğrultuda birçok faaliyeti bir arada yürüten kurumlardır. Hemşireler, hastaların tedavi ve bakımında sürekli hizmet veren ve bu hizmetin sürdürülmesinde sağlık bilgi teknolojilerini aktif olarak kullanan kişilerdir. Hastaların yatış ve taburculuk hizmetleri, vital bulguların ve laboratuvar sonuçlarının takibi gibi birçok işlem bilgisayarlar aracılığı ile yapılmaktadır. Bu nedenle, hemşireler sağlık bakım ortamlarında hasta bilgilerinin kaydedildiği bilgisayar ve diğer teknolojik cihazları kullanım konusunda yeterliliğe sahip olmalıdır. Bilgi teknolojileri kullanımı konusunda düşük yeterliliğe sahip olan hemşirelerde teknostres gelişmektedir. Teknostres, örgütlerdeki teknolojiye karşı yabancılaşma ve teknolojiyi kullanırken hata yapma korkusu ile bireylerde ön yargı, tedirginlik ve kaygı gibi duyguların gelişimiyle ortaya çıkan bir durumdur. Teknostres yaşayan hemşirelerde iş tatminsizliği ve işi bırakma düşüncesi gelişebilmekte ve tükenmişlik belirtileri görülebilmektedir. Tükenmişlik yaşayan hemşirelerde, iş performansı da düşmektedir. İş performansı, belli bir zaman içerisinde yapılması gereken görevleri yerine getirirken gösterilen performanstır. İşin miktarı, işten duyulan memnuniyet, iş tecrübesi, örgütsel bağlılık, zihinsel iş yükü, mesleki yeterlilik, ücret, personel dayanışması ve iş birliği gibi faktörler iş performansını etkilemektedir. Hemşirelerde iş performansının yüksek olması iş tatminini ve motivasyonu artırarak sağlık bakım kalitesine katkı sağlamaktadır.

**Anahtar Kelimeler :** Bireysel iş performansı, Hemşire, Teknostres

### ABSTRACT

Healthcare environments are institutions aimed at providing high-quality services to healthy/sick individuals while carrying out various activities simultaneously. Nurses are individuals who continuously provide treatment and care for patients and actively use health information technologies in maintaining these services. Many processes, such as inpatient and discharge services, tracking vital signs, and monitoring laboratory results, are conducted through computers. Therefore, nurses must be proficient in using computers and other technological devices where patient information is recorded in healthcare settings. Nurses with low proficiency in information technology may develop technostress. Technostress is a phenomenon that arises from feelings of alienation toward technology in organizations and the fear of making mistakes while using technology, leading to emotions such as prejudice,

anxiety, and apprehension. Nurses experiencing technostress may develop job dissatisfaction and thoughts of leaving their jobs, along with signs of burnout. Burnout among nurses also results in decreased job performance. Job performance is the effectiveness demonstrated in completing assigned tasks within a certain time frame. Factors such as workload, job satisfaction, work experience, organizational commitment, mental workload, professional competence, salary, staff solidarity, and collaboration affect job performance. High job performance among nurses enhances job satisfaction and motivation, contributing to the quality of healthcare.

**Keywords:** Individual job performance, Nurse, Technostress.

## GİRİŞ

Sağlık hizmetlerinin sunumunda önemli bir yeri olan hemşireler, hastaların bakım ve tedavisinde sürekli yenilik ve gelişmelere dayanan bir hizmet anlayışı sergilemektedir. Hemşirelik uygulamaları, sadece klinik bilgi ve becerilerle değil, aynı zamanda teknoloji kullanımıyla da şekillenmektedir (Rouleau ve ark., 2017). Bu bağlamda, bilgi ve iletişim sistemleri (BİS), hemşireler tarafından hastaların kişisel ve sağlık bilgilerini kayıt altına almak, analiz etmek ve bu verileri ilgili diğer sağlık profesyonelleriyle paylaşmak için yoğun bir şekilde kullanılmaktadır. Ancak, bu sistemlerin etkin kullanımı için hemşirelerin yeterli bilgi ve beceriye sahip olması gerekmektedir. Aksi takdirde, teknolojiye dayanan süreçlerin karmaşıklığı hemşireler üzerinde stres yaratarak iş performanslarında düşüşe neden olabilmektedir (Alotaibi ve Federico, 2017; Murphy, 2010; Uyar ve Kıraç, 2023).

### Teknostres

Teknostres, ilk kez Brod (1984) tarafından "yeni bilgisayar teknolojilerine uyum sağlayamama veya bu teknolojilerle sağlıklı bir şekilde başa çıkamama" şeklinde tanımlanmıştır (Brod, 1984). Hızla ilerleyen bilgi ve iletişim teknolojileri ve dijitalleşme süreci ile birlikte, çalışanlar yeni teknolojilere karşı yabancılaşma, hata yapmaktan korkma ve teknoloji ile baş edememe gibi zorluklar yaşamaktadır. Bunun sonucunda bireylerde kaygı, korku, öfke ve stres gibi duygusal sorunların eşlik ettiği teknostres ortaya çıkmaktadır. Yapılan bir çalışmada, çalışanların bilgisayar öz yeterliliği arttıkça teknostres düzeylerinin azaldığı, bilgisayarla ilgili teknoloji bağımlılığı arttıkça da teknostres düzeylerinin arttığı bildirilmektedir (La Torre ve ark., 2019). Teknostres, çalışanlarda yorgunluk, endişe, memnuniyetsizlik ve aşırı çalışma gibi birçok sorunun gelişmesine neden olmaktadır (Bozkurt ve ark., 2022; Jena, 2015; Tiwari, 2021).

Teknostresi belirleyen beş temel faktör bulunmaktadır. Bunlar (Taraftar ve ark., 2007; Taraftar ve ark., 2019):

**1. Tekno-Aşırı Yük:** Teknolojik ve dijital sistemlerin yoğun olarak kullanıldığı işyerlerinde, çalışanların aşırı ve uzun süre teknolojiye maruz kalması sonucu fiziksel ve zihinsel olarak etkilenmeleridir. Tekno-aşırı yükün sistem özelliği aşırı yükü, bilgi aşırı yükü ve iletişim aşırı yükü olmak üzere üç boyutu bulunmaktadır. Sistem özelliği aşırı yükü, basit bir görevde bile teknolojinin karmaşık hale gelmesi; bilgi aşırı yükü, sağlanan bilginin, bireylerin bilgiyi işleme kapasitesini aşması; iletişim aşırı yükü, teknoloji nedeniyle bireylerin sürekli olarak iletişim halinde olmaları durumudur.

## 2. Tekno-İstila

Tekno-istila, teknolojinin sürekli olarak bireylerin hayatına müdahale etmesidir. Çalışanlar, teknolojik araçlar sayesinde her an ulaşılabilir oldukları hissine kapılmakta, iş ve özel yaşam arasındaki denge bozulmaktadır. Teknolojik araçlar nedeniyle çalışanlar, işten bağımsız bir şekilde kişisel yaşamlarını sürdürmekte zorluk yaşayabilmektedir.

## 3. Tekno-Karmaşıklık

Teknolojik araçların karmaşıklığı, bireylerin zorluk yaşamasına neden olmaktadır. Çalışanlar, bilgisayar becerilerindeki eksiklikler nedeniyle yeni teknolojileri öğrenmekte ve anlamakta zorlanmaktadır.

## 4. Tekno-Belirsizlik

Teknolojik donanım ve yazılımların sürekli olarak güncellenmesi veya değiştirilmesi çalışanlar tarafından tam olarak anlaşılmadığı durumlarda tekno belirsizlik ortaya çıkmaktadır.

5. **Tekno-Güvensizlik:** Çalışanların, mevcut becerilerinin yetersiz olabileceğinden endişe duyması sonucunda kendilerini iş yerinde güvensiz hissetmeleridir.

## Hemşirelerde Teknostres

Elektronik sağlık kayıtları (ESK), hasta izleme sistemleri ve mobil sağlık uygulamaları gibi çeşitli teknolojik araçlar, hemşirelik uygulamalarının ayrılmaz bir parçası haline gelmiştir. Bu teknolojiler veri toplama, hasta izleme ve iletişim süreçlerini geliştirerek genel hasta bakımını iyileştirmektedir. Bununla birlikte, bu teknolojilerin karmaşıklığı ve hızlı evrimi, hemşirelerde teknostrese neden olmaktadır (Golz ve ark., 2021; Golz ve ark., 2024).

Bilgi ve iletişim teknolojileri, üretkenliği arttırmakla birlikte sağlık profesyonelleri arasındaki iş birliğini kolaylaştırmakta, hemşirelerin daha verimli ve özerk çalışmasını sağlamaktadır (Costa ve ark., 2022; Darvish ve ark., 2014). Bu araçlar, bilgi alışverişini teşvik etmekte, hemşireler arasındaki iletişimi geliştirmekte ve hasta ihtiyaçlarının daha iyi anlaşılmasını sağlayarak bakım sonuçlarını iyileştirmektedir (Costa ve ark., 2022; Rouleau ve ark., 2017). Ancak, sağlık bakım hizmetlerinin her aşamasında aktif olarak kullanılan dijital sistemler, hemşireler için zorlayıcı olabilmekte; aynı zamanda önemli zihinsel iş yüküne ve teknostrese neden olmaktadır. Bu da hemşirelerde baş ağrısı, uykusuzluk, genel sağlık durumunun bozulması ve tükenmişlik gibi olumsuz fizyolojik ve psikolojik duyguların gelişmesine ve genel iş performansında düşmeye neden olabilmektedir (Fujino ve Kawamoto, 2013; Golz ve ark., 2024). Hemşireler genellikle yeni teknolojileri kabul etmeye istekli olsalar da, hazır bulunuşlukları genellikle bu araçlarla ilgili algılanan yeterlilik ve rahatlık düzeyleriyle çelişmektedir (Kuo ve ark., 2013; Park ve ark., 2022). Birçok hemşire bilgisayar becerileri ile ilgili güven eksikliği yaşamakta ve bu da artan kaygıya ve yeni sistemleri kullanmaya karşı direnç neden olmaktadır (Kuo ve ark., 2013; Golz ve ark., 2021). Ayrıca, personel eksikliği ve artan hasta yükü nedeniyle hemşireler üzerindeki yüksek talepler teknostrese daha fazla katkıda bulunmaktadır (Fujino ve Kawamoto, 2013; Golz ve ark., 2024). Hemşireler, yoğun iş yükleri nedeniyle genellikle yüksek stres düzeylerine sahiptir ve bu da teknoloji kullanımının olumsuz etkilerini daha da kötüleştirebilmektedir. Çalışmalar, iş yükü dengesizliği ve bakım süreçlerinin karmaşıklığı gibi faktörlerin hemşirelik personeli arasında iş memnuniyetinde düşüşe ve işten ayrılma niyetlerinde artışa yol açabileceğini göstermiştir (Çetin ve ark., 2020; Golz ve ark., 2024). Ayrıca, sağlık kurumları tarafından yeni teknolojilere uyum sağlama

konusunda yeterli desteğin olmaması, hemşirelerin bunalmış ve değersiz hissetmesine neden olarak teknostres ve tükenmişliği tetiklemektedir (Fujino ve Kawamoto, 2013; Golz ve ark., 2024). Hemşirelerde teknostresi azaltmak için çeşitli stratejiler ve yaklaşımlar önerilmektedir.

Bunlar:

**Eğitim ve Farkındalık:** Teknostresi azaltmada hemşirelere yönelik eğitimler düzenlenmelidir. Hemşireler, bilgi ve iletişim teknolojilerini etkin bir şekilde kullanabilmek için gerekli becerileri kazandıklarında, teknolojik araçlardan kaynaklanan stres seviyeleri düşebilir (Fagerström ve ark., 2016). Bu tür eğitim programları, hemşirelerin teknolojiyi daha güvenli bir şekilde kullanmalarını sağlayarak, stresle başa çıkmalarına yardımcı olabilir (Berger ve ark., 2023).

**Destekleyici İş Ortamı:** Hemşirelerin stres düzeylerini azaltmak ve teknostrese karşı korunmalarını sağlamak için destekleyici bir iş ortamı oluşturulmalıdır. Organizasyonlar, hemşirelerin iş yaşam sürekliliğini artırmak ve motivasyonlarını artırmak amacıyla olumlu bir çalışma kültürü geliştirmelidir (Flinkman ve ark., 2010).

**Duygusal Zekâ ve Mindfulness:** Duygusal zekâ, hemşirelerin hem işi hem de hasta bakımını etkili bir şekilde yönetmelerine yardımcı olan önemli bir beceridir. Hemşirelerin duygusal zekalarını artırmak, stresle başa çıkma yeteneklerini geliştirebilir (Flinkman & Salanterä, 2014). Ayrıca, mindfulness uygulamaları, hemşirelerin stresli durumlarla başa çıkabilmelerini kolaylaştırarak, teknostresin etkilerini azaltabilir.

**Teknolojinin Yeniden Yapılandırılması:** Organizasyonlar, teknolojinin iş süreçlerini nasıl etkilediğini göz önünde bulundurarak mevcut teknolojik araçlar üzerinde iyileştirmeler yapmalıdır (Berger ve ark., 2023). Teknolojik sistemlerin anlaşılır ve pratik hale getirilmesi, hemşirelerin bu araçlarla olan etkileşimlerini iyileştirerek stres düzeylerini azaltabilir (Brivio ve ark., 2018).

**Sağlık ve Refah Programları:** Hemşirelik uygulamalarına sağlıklı yaşam ve refah programlarının entegre edilmesi, hemşirelerin fiziksel ve ruhsal sağlıklarını artırma açısından önemlidir. Düzenli fiziksel aktiviteler, meditasyon ve yoga gibi uygulamalar, hemşirelerin stres düzeylerini azaltabilir ve genel mutluluk seviyelerini artırabilir (Arcadi ve ark., 2021; Wirth ve ark., 2024).

## Hemşirelerde İş Performansı

Hemşirelik iş performansı, hemşirenin faaliyetlerini sürdürürken gösterdiği performanstır. Hemşirelerin iş performansı, sağlık hizmetlerinin kalitesini, hasta memnuniyetini ve hasta sonuçlarını doğrudan etkilemektedir. Türkiye’de yapılan bir çalışmada, hemşirelerin iş performansının yüksek olduğu tespit edilmiştir (Sarıköse ve Göktepe, 2022).

Hemşirelerin fiziksel, bilişsel ve duygusal talepleri, motivasyonları, yetkinlikleri, mesleki deneyimleri, işten duyulan memnuniyet, iş ortamının özellikleri, liderlik tarzı, yönetim desteği, örgüt kültürü, zihinsel iş yükü, personel dayanışması, iş birliği, stres etkenleri ve kaynaklar gibi iş performansını etkileyen birçok faktör bulunmaktadır (Paais ve Pattiruhu, 2020; Hajiali ve ark., 2022; Pandey, 2019). Lestari’nin yaptığı çalışmada, iş tatmininin iş performansı üzerinde olumlu bir etkisinin olduğu ancak içsel motivasyonun olumlu bir etkisinin olmadığı bildirilmektedir (Lestari, 2022). Çetin ve Aşkun’un çalışmasında, mesleki öz yeterliliğin ve içsel motivasyonun iş performansını arttırdığı tespit edilmiştir (Çetin ve Aşkun, 2018).



Pourteimour ve arkadaşlarının yaptıkları çalışmada, acil servis hemşirelerinin diğer servis hemşirelerine göre iş performanslarının daha düşük olduğu saptanmıştır (Pourteimour ve ark., 2021). Mrayyan ve Al-Faouri'nin yaptıkları çalışmada, hemşirelerin mesleki deneyimlerinin iş performansını etkilediği tespit edilmiştir (Mrayyan ve Al-Faouri, 2008).

## SONUÇ

Sonuç olarak, sürekli değişen ve gelişen bilgi ve iletişim teknolojileri, hemşirelik uygulamalarında önemli bir rol oynarken, aynı zamanda hemşirelerde teknostrese neden olmaktadır. Hemşirelerin teknoloji ile etkileşimleri, onların iş performansları üzerinde önemli bir etkiye sahiptir.

## KAYNAKLAR

- Alotaibi YK, Federico F (2017). The impact of health information technology on patient safety. *Saudi Medical Journal* 38(12): 1173-1180.
- Arcadi P, Simonetti V, Ambrosca R, Cicolini G, Simeone S, Pucciarelli G, Alvaro R, Vellone E, Durante Á (2021). Nursing during the covid-19 outbreak: A phenomenological study. *Journal of Nursing Management* 29(5): 1111-1119.
- Berger M, Schäfer R, Schmidt M, Regal C, Gimpel H (2023). How to prevent technostress at the digital workplace: A delphi study. *Journal of Business Economics* 94(7-8): 1051-1113.
- Bozkurt Ö, Küçükdursun B, Özkan TS, Şahin S, Doğan B (2022). Çalışanların teknolojik stres algılarının bireysel iş performansına etkisinin incelenmesi: Düzce ili tekstil sektörü üzerine bir araştırma *Uluslararası İşletme Bilimi ve Uygulamaları Dergisi* 2(1): 17-34.
- Brivio E, Gaudio F, Vergine I, Mirizzi CR, Reina C, Stellari A, Galimberti C (2018). Preventing technostress through positive technology. *Frontiers in Psychology* 9.
- Brod C (1982). Managing technostress: Optimizing the use of computer technology. *Pers J* 61(10): 753-757.
- Creedon SA, Cummins AM (2012). Development of a blended model of teaching and learning for nursing students on rostered placement to ensure competence in information and communication technology for professional practice in ireland. *Cin Computers Informatics Nursing* 30(5): 274-279.
- Cordova PBD, Lucero R, Hyun S, Quinlan P, Price K, Stone PW (2010). Using the nursing interventions classification as a potential measure of nurse workload. *Journal of Nursing Care Quality* 25(1): 39-45.
- Costa LdS, Silva ÍR, Silva TPd, Silva MMd, Mendes IAC, Ventura CAA (2022). Information and communication technologies: Interfaces the nursing work process. *Revista Brasileira De Enfermagem* 75(2).
- Çetin F, Aşkun D (2018). The effect of occupational self-efficacy on work performance through intrinsic work motivation. *Management Research Review* 41(2): 186-201.
- Çetin Aydın G, Aytaç S, Şanlı Y (2020). Hemşirelerde algılanan stres ve stres semptomlarının işten ayrılma eğilimi üzerindeki etkisi. *IBAD Sosyal Bilimler Dergisi*: 526-538.
- Darvish A, Bahramnezhad F, Keyhanian S, Navidhamidi M (2014). The role of nursing informatics on promoting quality of health care and the need for appropriate education. *Global Journal of Health Science* 6(6).

- Fagerström C, Tuveßon H, Axelsson L, Nilsson L (2016). The role of ict in nursing practice: An integrative literature review of the swedish context. *Scandinavian Journal of Caring Sciences* 31(3): 434-448.
- Flinkman M, Leino-Kilpi H, Salanterä S (2010). Nurses' intention to leave the profession: Integrative review. *Journal of Advanced Nursing* 66(7): 1422-1434.
- Flinkman M, Salanterä S (2014). Early career experiences and perceptions - a qualitative exploration of the turnover of young registered nurses and intention to leave the nursing profession in finland. *Journal of Nursing Management* 23(8): 1050-1057.
- Fujino Y, Kawamoto R (2013). Effect of information and communication technology on nursing performance. *Cin Computers Informatics Nursing* 31(5): 244-250.
- Golz C, Peter KA, Müller T, Mutschler J, Zwakhaleh S, Hahn S (2021). Technostress and digital competence among health professionals in swiss psychiatric hospitals: Cross-sectional study. *Jmir Mental Health* 8(11): e31408.
- Golz C, Eichen NL, Souissi SB, & Bieri JS (2024). Examining the Technostress Dimensions and Job Satisfaction in Nursing—A Cross-Sectional Study. In *Innovation in Applied Nursing Informatics* (pp. 311-315). IOS Press.
- Hajiali I, Kessi AMF, Budiandriani B, Prihatin E, Sufri MM (2022). Determination of work motivation, leadership style, employee competence on job satisfaction and employee performance. *Golden Ratio of Human Resource Management* 2(1): 57-69.
- Harerimana A, Wicking K, Biedermann N, Yates K (2020). Integrating nursing informatics into undergraduate nursing education in africa: A scoping review. *International Nursing Review* 68(3): 420-433.
- Jena R (2015). Impact of technostress on job satisfaction: An empirical study among indian academicians. *The International Technology Management Review* 5(3): 117-124.
- Kuo K-M, Liu C-F, Ma C-C (2013). An investigation of the effect of nurses' technology readiness on the acceptance of mobile electronic medical record systems. *BMC Medical Informatics and Decision Making* 13(1).
- La Torre G, Esposito A, Sciarra I, Chiappetta M (2019). Definition, symptoms and risk of techno-stress: A systematic review. *Int Arch Occup Environ Health* 92(1): 13-35.
- Lestari U (2022). When occupational self efficacy and intrinsic motivation influence on job satisfaction and job performance. *IJHCM (International Journal of Human Capital Management)* 6: 13-23.
- Mrayyan MT, Al-Faouri I (2008). Predictors of career commitment and job performance of Jordanian nurses. *J Nurs Manag* 16(3): 246-256.
- Murphy J (2010). Nursing informatics: The intersection of nursing, computer, and information sciences. *Nursing Economics* 28(3): 204.
- Paais M, Pattiruhu JR (2020). Effect of motivation, leadership, and organizational culture on satisfaction and employee performance. *The Journal of Asian Finance, Economics and Business* 7(8): 577-588.
- Pandey J (2019). Factors affecting job performance: An integrative review of literature. *Management Research Review* 42(2): 263-289.

- Park M, Dlamini BB, Kim J, Kwak MJ, Cho I, Choi M, Lee J, Min YH, Park BK, Lee S (2022). Development of a standardized curriculum for nursing informatics in korea. *Healthcare Informatics Research* 28(4): 343-354.
- Pourteimour S, Yaghmaei S, Babamohamadi H (2021). The relationship between mental workload and job performance among iranian nurses providing care to covid-19 patients: A cross-sectional study. *J Nurs Manag* 29(6): 1723-1732.
- Rouleau G, Gagnon MP, Côté J, Payne-Gagnon J, Hudson E, Dubois CA (2017). Impact of information and communication technologies on nursing care: Results of an overview of systematic reviews. *J Med Internet Res* 19(4): e122.
- Sarıköse S, Göktepe N (2022). Effects of nurses' individual, professional and work environment characteristics on job performance. *J Clin Nurs* 31(5-6): 633-641.
- Tarafdar M, Tu Q, Ragu-Nathan BS, Ragu-Nathan TS (2007). The impact of technostress on role stress and productivity. *Journal of Management Information Systems* 24(1): 301-328.
- Tarafdar M, Cooper CL, Stich JF (2019). The technostress trifecta-techno eustress, techno distress and design: Theoretical directions and an agenda for research. *Information Systems Journal* 29(1): 6-42.
- Tiwari V (2021). Countering effects of technostress on productivity: Moderating role of proactive personality. *Benchmarking: An International Journal* 28(2): 636-651.
- Uyar S, Çiftçi Kıraç F (2023). Teknostres, değişim yorgunluğu ve örgütsel bağlılık ilişkisinin incelenmesi. *Sağlık Bilimlerinde Değer* 13(3): 473-480.
- Wirth T, Kraft J, Marquardt B, Harth V, Mache S (2024). Indicators of technostress, their association with burnout and the moderating role of support offers among nurses in german hospitals: A cross-sectional study. *BMJ Open* 14(7): e085705.

## **COMPONENTS OF PHYTOTHERAPEUTIC PLANTS USED AS ANTIMICROBIAL AGENTS**

**RPh. Feyza Gul CEYLAN**

Inonu University, feyzagulceylan0@gmail.com- ORCID ID: 0009-0001-5393-1517

**Assoc. Prof. Tuba UNVER**

Inonu University, tuba.unver@inonu.edu.tr - ORCID ID: 0000-0002-8655-2716

### **ABSTRACT**

People have used plants for different purposes from the past to the present. The use of plants for therapeutic purposes has been precious and guiding for human health. While using plants for therapeutic purposes is defined as phytotherapy, the medicinal plants used in phytotherapy are defined as phytotherapeutic plants. This study aims to investigate and explain the secondary metabolites used as antimicrobials in plants used as phytotherapeutics, and studies on the plant components and action mechanisms of phytotherapeutic plants used for antimicrobial purposes were studied. Each part of a plant contains different components, and these components are called phytochemicals or secondary metabolites. Different secondary metabolites can be used in numerous diseases, including infectious diseases. Different phytochemicals exist in different parts of plants, and each has therapeutic effects against different diseases. Secondary metabolites are life-saving in cases such as antimicrobial diseases of unknown origin or drug resistance. This review included a literature review and explained basic features such as current phytochemicals and their intended use and definitions. Phytotherapy is a powerful alternative to chemical drugs and is becoming more widespread. Phytotherapy will become more valuable with conscious use and education. As technology develops, new phytotherapeutic products will be produced and used.

**Key Words:** Antimicrobial compounds, Phytochemicals, Phytotherapy, Secondary metabolites

## 1. INTRODUCTION

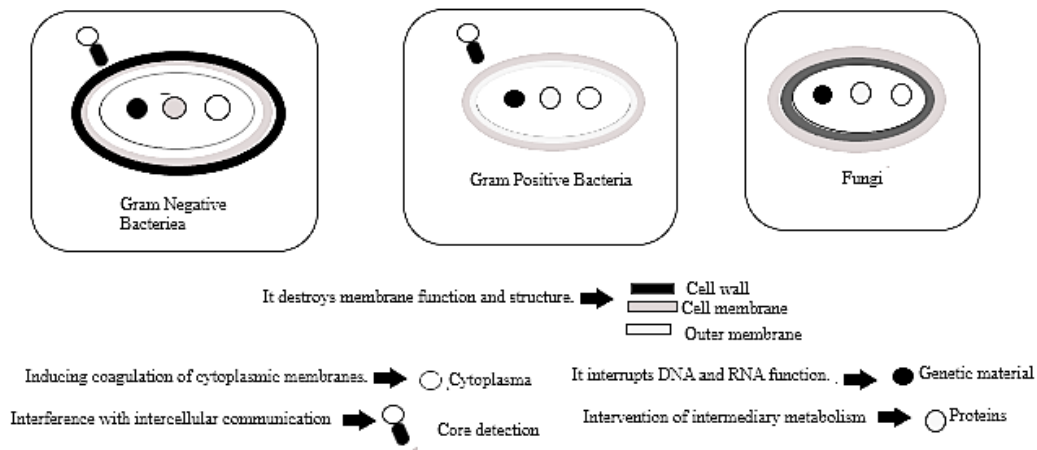
Humans have used plants for thousands of years for therapeutic purposes, and they are the origins of medicine. The term phytotherapy is derived from the Greek word "phyton" (plant) and refers to treatment with plants [1]. Many bioactive components are found in medicinal plants, which play a significant role in developing new drugs. Approximately 25% of today's drugs are derived directly or indirectly from plant sources [2]. Phytotherapy focuses on two types of complementary effects in particular. The first is the healthy support of the immune system and the provision of immunomodulation; the second is the reduction of expected or potential side effects of chemical drugs to increase patient compliance with treatment [3].

Despite advances in microbiology in developed countries, the emergence of epidemics due to drug-resistant microorganisms and bacteria causing unknown diseases is alarming [4]. Over time, microorganisms become resistant to drugs for various reasons and transmit this resistance to new generations. This shortens the lifespan of drugs and increases the need for antimicrobials. Overusing and misusing antimicrobial drugs is the most significant factor leading to antimicrobial resistance [5]. With the ineffectiveness of traditional antibiotics and limited treatment options for viral diseases, antimicrobial agents and other drugs derived from plants are becoming more attractive. Therefore, plants constitute an important resource in antimicrobial research [6].

Various components in plants have antimicrobial activity, and these compounds are called phytochemicals or agents that have antimicrobial activity. The discovery of antibiotics has accelerated microbial research and enabled the development of many new treatment methods. In cases such as antibiotic resistance, the antimicrobial properties of phytochemicals can be used. The research of plant-based microbial compounds continues, and these components constitute a rich alternative in terms of therapeutics [7].

### 1.1. Possible Mechanisms of Action of Antimicrobial Plant Components

The mechanism of action is generally thought to be disruption of proton motive force, disruption of the cytoplasmic membrane, active transport mechanisms, coagulation of cell composition and electron flow (Figure 1) [8]. It has been proven that the effectiveness of antibacterial agents usually increases with their increasing lipophilicity, which is directly associated with their ability to interact with the cell membrane [9].



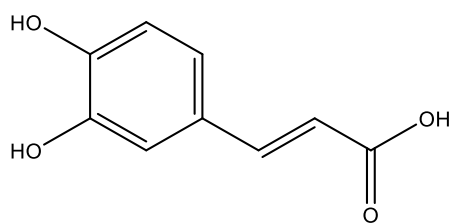
**Figure 1. Possible Mechanisms of Action (Adapted from Reference 8)**

## 1.2. Phenolic Compounds

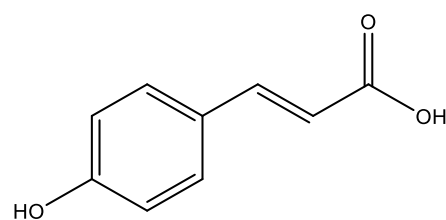
These compounds, which do not contain oxygen and have a C3 side chain, consist of aromatic hydrocarbon chains containing hydroxyl groups [6,10]. They constitute the largest group of herbal antimicrobial agents [11].

### 1.2.1 Phenolic acids

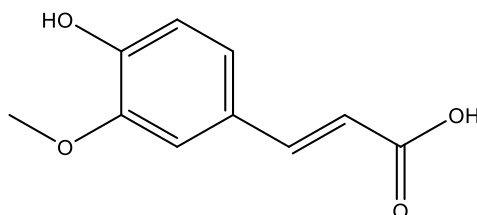
Phenolic acids generally have antimicrobial activity and are more effective against gram-positive bacteria than gram-negative bacteria [12]. Although their activities are not as practical as other phenolic compounds, their antimicrobial effect potential depends on the chemical structure of the compounds, strains, species, the number and position of placement in the benzene ring, and properties such as soaked chain length (Figure 2, 3, 4 and 5) [13].



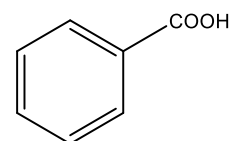
**Figure 2. Caffeic Acid**



**Figure 3. Coumaric Acid**



**Figure 4. Ferulic Acid**



**Figure 5. Hydroxybenzoic Acid**

### 1.2.2. Quinones

Quinones, which are known to be responsible for melanin synthesis in human skin and colored and browning reactions in fruits and vegetables, are compounds with aromatic rings and two ketone groups (Figure 6) [14]. Quinones can inactivate microorganism cell wall proteins by forming complexes with them and can cause loss of function in microorganisms [15]. Additionally, quinones can be effective by making substrates inaccessible to microorganisms [6].

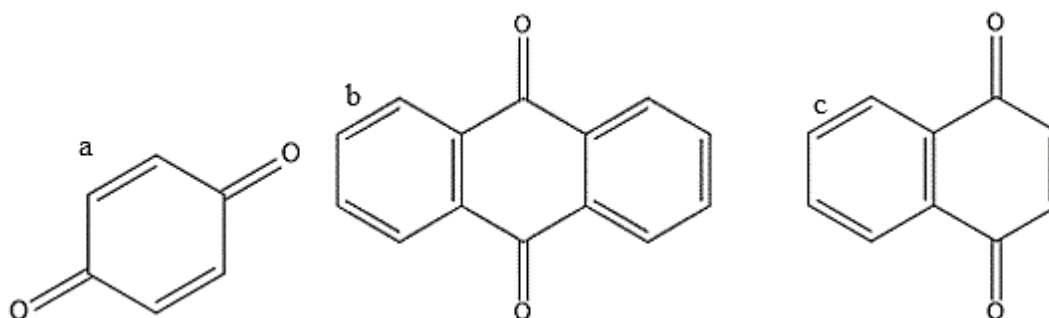


Figure 6. Quinones: a) Benzoquinone b) Anthraquinone c) Naphthoquinone

### 1.2.3. Flavonoids

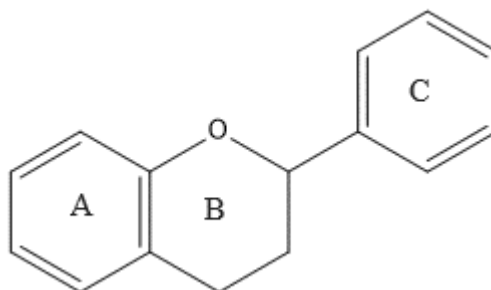
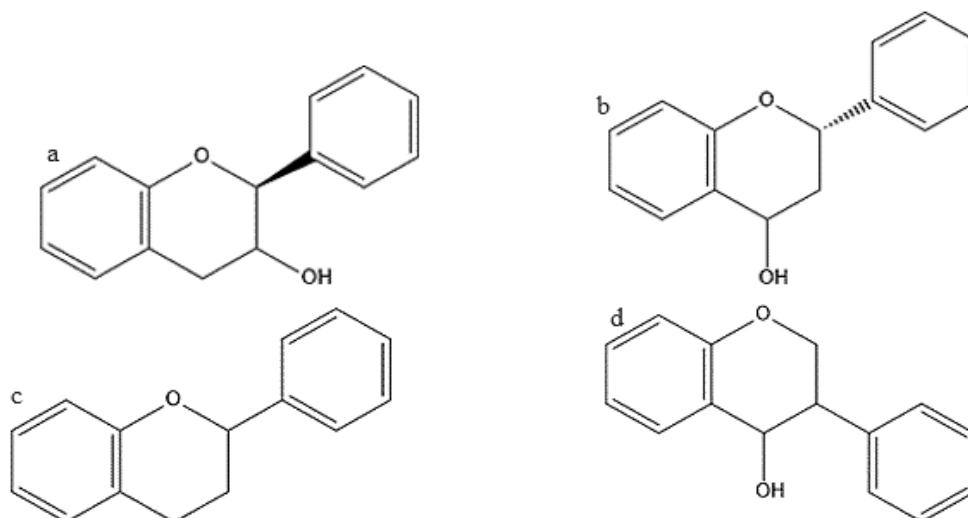


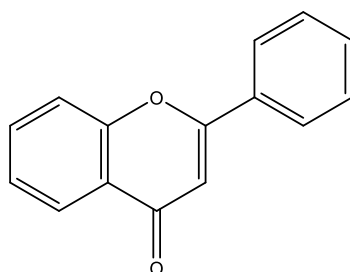
Figure 7. General Structure of Flavonoids

Flavonoids comprise the aromatic amino acids tyrosine, phenylalanine, and malonate in plants [16]. They are water-soluble pigments located in the vacuoles of plant cells (4). The flavan nucleus is the basic flavonoid form, consisting of 15 carbon atoms arranged in three rings (C6-C3-C6) labeled A, B and C (Figure 7) [16].



**Figure 8. Flavanoller a) Flavan-3-ol b) Flavan-4-ol c) İzoflavan-4-ol d) Flavan**

Flavanols are a group of flavonoids generally found in foods such as fruits, cereals, feeds, vegetables, cocoa, grapes, legumes, hops, apples and tea (Figure 8). They are divided into four classes: flavan-3-ols, isoflavan-4-ols, flavan-4-ols, and flavans [17,18]. Catechins, the most reduced form of the C3 unit in compounds, are in the flavan-3-ols group. Catechins have important activity against gram-positive and gram-negative bacteria. These compounds can puncture the lipid bilayer and, therefore, disrupt the barrier operation of the cell membrane or cause the leakage of intramembranous materials, leading to membrane fusion [19,20].

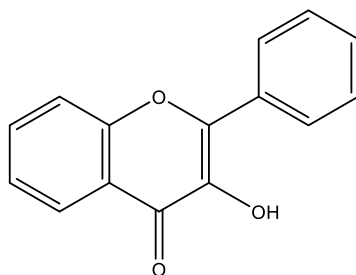


**Figure 9. Flavone**

Flavones are phenolic structures containing a carbonyl group (Figure 9). Their activity may be due to their ability to form complexes with extracellular and soluble proteins and to form complexes with bacterial cell walls, as described for quinones [21].

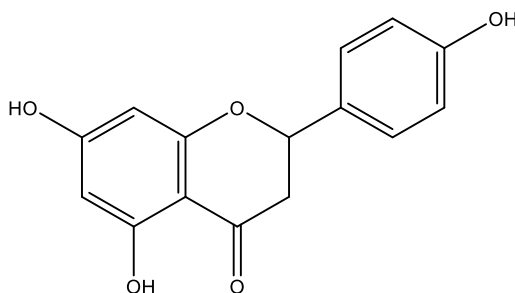
Chrysin, apigenin, and luteolin, which belong to the flavone class, are generally found in fruit varieties and plants such as buckwheat, tomatoes, and red peppers [17]. Flavonols are flavonoid group compounds consisting of a hydroxyl molecule attached to the flavone molecule in the third position. The flavonol class, which is generally found in onions, berries, and grapefruit, includes kaempferol, quercetin, myricetin, and tamarixetin [17, 22].





**Figure 10. Flavonol**

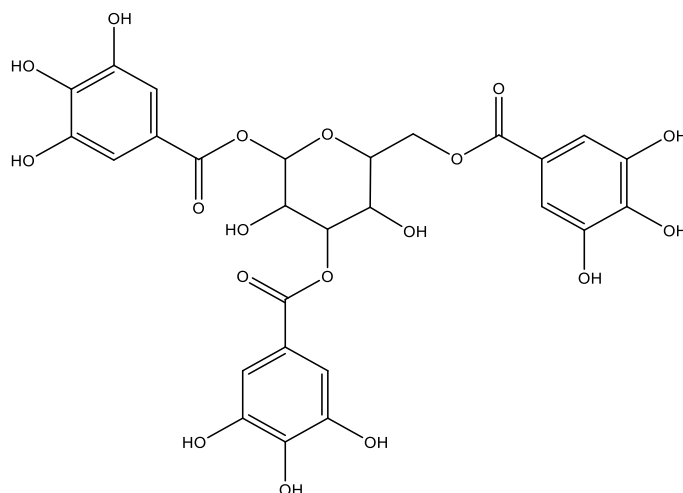
Among the flavonols, quercetin, kamferol and myricetin show active antimicrobial properties against gram-negative and gram-positive bacteria, galangin against *Klebsiella pneumoniae*, kamferol against *K. pneumoniae* and *Staphylococcus aureus*, quercetin against *K. pneumoniae*, *S. aureus*, *Staphylococcus haemolyticus*, *Streptococcus pyogenes*, and myricetin against *K. pneumoniae* and *S. aureus* (Figure 10) [23, 24].



**Figure 11. Flavanone**

Dihydroflavones, also known as flavanones, have a saturated structure in the C ring; therefore, unlike flavones, the double bond between positions 2 and 3 is saturated, the only structural difference between the two subgroups of flavonoids (Figure 11) [25]. The flavanone class includes naringenin, taxifolin, and hesperidin and is found in citrus fruits and lemons [17]. Isoflavones are a group of flavonoids known as “phytoalexins,” the accumulation of high concentrations of phytoalexins plays a significant role in the plant’s resistance mechanism against pathogenic microbes [26]. Phytoalexins are usually undetectable in the plant but are rapidly synthesized after microbial invasion. Their formation is usually limited to a localized area around the site of infection [27]. The isoflavone class includes daidzin and genistein, abundant in soybeans [17].

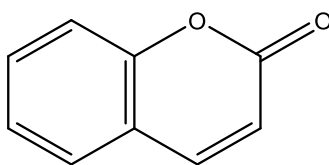
#### 1.2.4. Tannins



**Figure 12. Tannin**

Tannins, a group of phenolic substances capable of tanning leather or precipitating gelatin from solution, are widely found in woody and herbaceous plants (Figure 12) [6]. One of the molecular effects is nonspecific forces such as hydrogen bonds and covalent bonding, which allow complexation with proteins and hydrophobic effects. Therefore, their antimicrobial modes of action can be associated with their ability to inactivate microbial enzymes, adhesins, and cell membrane transport proteins [6, 28]. Various hypotheses have been proposed regarding the antimicrobial mechanisms of tannins. One of these is the toxicity resulting from the effect of tannins on cell membranes. Other hypotheses include the ability of tannins to easily complex with substrates or enzymes in the environment [29].

#### 1.2.5. Coumarins



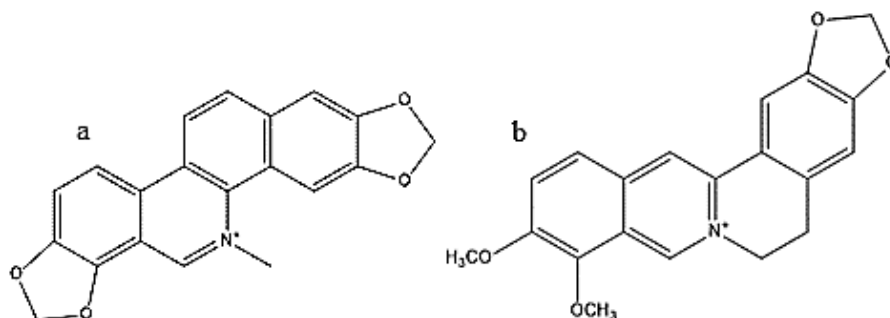
**Figure 13. Coumarin**

Coumarins are composed of fused benzene and  $\alpha$ -pyrone rings. These compounds, responsible for the characteristic odor of hay, are classified as simple hydroxycoumarins, furocoumarins, isofurocoumarins, pyranocoumarins, biscoumarins, and dihydroisocoumarins, depending on their chemical structure (Figure 13) [15]. Coumarins have been found to stimulate macrophages, which may indirectly negatively affect infections. Coumarin has been used to prevent the recurrence of herpes caused by HSV-1 in humans [6]. Phytoalexins, which are also hydroxylated derivatives of coumarins, are produced in carrots in response to fungal infection, and it can be assumed that phytoalexins have antifungal activity [30].

### 1.3. Terpenes

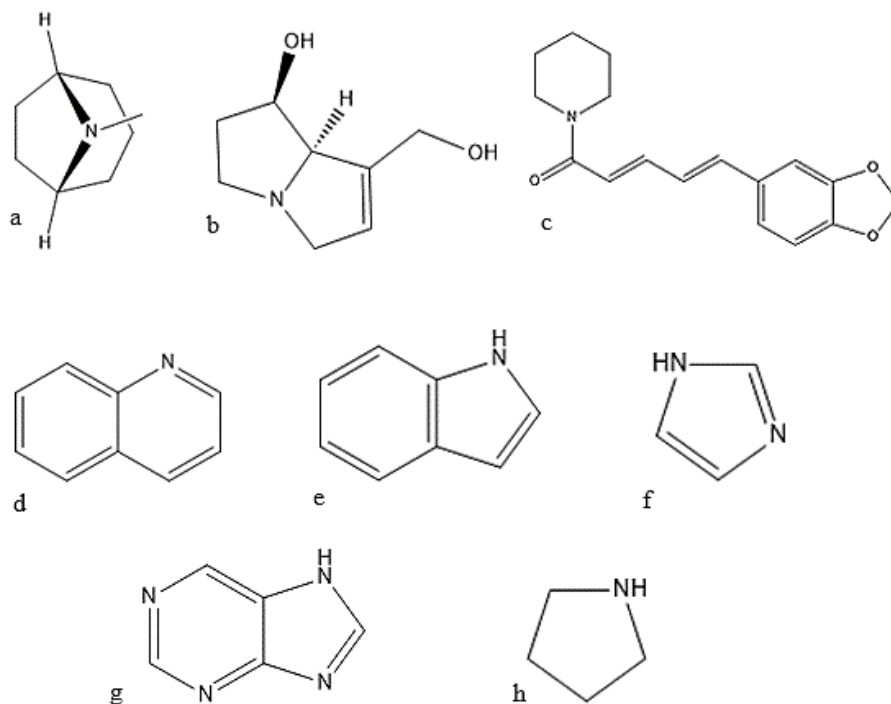
The essential oil fraction carries the scent of plants. These oils are terpenes enriched in compounds based on the isoprene structure [6]. Terpenes are divided into monoterpenes (limonene), sesquiterpenes (element), diterpenes (camphene), and polyterpenes [31]. After the chemical modification of terpenes, the resulting compounds are called terpenoids. Terpenes or terpenoids can effectively use various substances, from bacteria to fungi and viruses. Studies conducted since 1977 have shown that 60% of the essential oil derivatives examined inhibit fungi, and 30% inhibit bacteria [6]. Due to the various components in the content of essential oils, it is difficult to say that they are directly specific to a particular target area. Essential oils cause cytoplasm coagulation, leading to damage to lipids and proteins. This damage is seen in the cell wall and membrane and can affect the flow of macromolecules and cause cell lysis in microorganisms [30]. It has been determined that increasing the hydrophilicity of kaurene diterpenoids by adding a methyl group significantly reduces their antimicrobial activity [32]. It has been shown that microorganisms exhibit differential sensitivity to plant-derived substances. Gram-positive bacteria are more sensitive to terpenes than gram-negative bacteria.

### 1.4. Alkaloids



**Figure 14. a) Saniguarine                      b) Berberine**

Heterocyclic nitrogen compounds are called alkaloids (Figure 14). Alkaloids can be classified according to their ring structure or biogenesis. The only characteristic that distinguishes all alkaloids from each other is that they contain nitrogen, and usually, this nitrogen comes from an amino acid, is included in a heterocyclic ring, and is basic (Figure 15) [33]. Antibacterial mechanisms of action may vary among different alkaloids. Some alkaloids affect bacterial cell division, some inhibit respiration and enzymes in bacteria, some disrupt bacterial membranes, and some affect virulence genes [34].



**Figure 15. Alkaloids according to ring structure a)Tropane b)Pyrrolizidine c)Piperine d)Quinoline e)Indole f)Imidazole g)Purine h)Pyrrolidine**

### 1.5. Antimicrobial Peptides

Antimicrobial peptides (AMPs), which are generally inhibitory to microorganisms, are positively charged polypeptides and contain disulfide bonds. These peptides usually contain 10 to 60 amino acids and are typically helical [35]. AMPs are generally classified according to their biological sources, biological functions of the AMP, and biochemical properties (composition, charge, amino acid sequence, hydrophobicity, and length) [36]. AMPs generally show their antimicrobial effects by interacting with the membrane of microorganisms. This interaction can disrupt the cell's balance and cause cell death [37]. However, in some cases, different action mechanisms have been proposed, such as suppression of the synthesis of specific membrane proteins or stress proteins, stopping DNA synthesis, degradation of single-stranded DNA, interaction with DNA, formation of hydrogen peroxide, triggering apoptosis in eukaryotic cells, or triggering autolysis in bacterial targets [37].

## 2. CONCLUSION

Plants have been used by people for many purposes throughout history. Medicine is one area where plants are widely used. The medical use of plants, known as phytotherapy, involves the use of phytotherapeutic plants for medicinal purposes. All plants were used in the past, but today, each part can be used for different purposes. While the methods used to use plants in the past were limited, now the essential oil of plants can be obtained with advanced methods such as extraction.

Plants contain various components. These components are called secondary metabolites or

phytochemicals. Phytochemicals are divided into four main groups: phenolic compounds, terpenes, alkaloids, and antimicrobial peptides. Phytochemicals have many uses, such as antimicrobial, antioxidant, and anticancer. This thesis aims to explain phytochemicals used for antimicrobial purposes. The antimicrobial effects of phytochemicals are grouped under three headings: antifungal, antibacterial and antiviral. They act through various mechanisms, such as disrupting the cell walls of microorganisms or inhibiting their metabolic processes.

## REFERENCES

1. Miraldi E, Bains G. Medicinal Plants And Health In Human History: From Empirical Use To Modern Phytotherapy. *J Siena Acad Sci.* 2019;10(1).
2. Periwal A, Gaikwad A, Pandit V, Handa A, Shinde M. Phytotherapy-A Drive towards Green and Clean Dentistry. *Journal Of Clinical And Diagnostic Research.* 2023;17(2):ZE14-ZE19
3. Uçar D, Tayfun K, Müslümanoğlu AY, Kalaycı MZ. Koronavirüs ve fitoterapi. *Bütünleyici ve Anadolu Tıbbı Dergisi.* 2020;1(2):49-57
4. Enioutina EY, Teng L, Fateeva TV, Brown JC, Job KM, Bortnikova VV ve ark. Phytotherapy as an alternative to conventional antimicrobials: combating microbial resistance. *Expert Review Of Clinical Pharmacology.* 2017;10(11):1203-14.
5. Tang KWK, Millar BC, Moore JE. Antimicrobial resistance (AMR). *British Journal of Biomedical Science.* 2023;80:11387.
6. Cowan MM. Plant Products as Antimicrobial Agents. *Clinical Microbiology Reviews.* 1999;12(4):564-82.
7. Iwu MW, Duncan AR, Okunji CO. New antimicrobials of plant origin. In: Janick J (ed). *Perspectives on new crops and new uses.* Alexandria, VA: ASHS Press. 1999:457-62.
8. Kotzekidou P, Giannakidis P, Boulamatsis A. Antimicrobial activity of some plant extracts and essential oils against foodborne pathogens in vitro and on the fate of inoculated pathogens in chocolate. *LWT-Food Science and Technology.* 2008;41(1):19-127.
9. Sikkema JAN, de Bont JA, Poolman B. Mechanisms of membrane toxicity of hydrocarbons. *Microbiological Reviews.* 1995;59(2):201-22.
10. Kabera JN, Semana E, Mussa AR, He X. Plant secondary metabolites: biosynthesis, classification, function and pharmacological properties. *J. Pharm. Pharmacol.* 2014;2(7):377-92.
11. Ishwar Singh, Antimicrobials in Higher Plants: classification, mode of action and bioactivities, *Chemical Biology Letters.* 2017;4(1):48-62.
12. Boz H. p-Coumaric acid in cereals: presence, antioxidant and antimicrobial effects.

International Journal of Food Science & Technology. 2015;50(11):2323-8.

13.Lobiuc A, Pavăl NE, Mangalagiu II, Gheorghită R, Teliban GC, Amăriucăi-Mantu D ve ark. Future antimicrobials: Natural and functionalized phenolics. *Molecules*. 2023;28(3):1114.

14.Schmidt H. Phenol oxidase (EC 1.14. 18.1) a marker enzyme for defense cells. *Progress in Histochemistry and Cytochemistry*. 1988;17(3):III-186.

15.Barbieri R, Coppo E, Marchese A, Daglia M, Sobarzo-Sánchez E, Nabavi SF. ve ark. Phytochemicals for human disease: An update on plant-derived compounds antibacterial activity. *Microbiological Research*. 2019;196:44–68.

16.Pietta PG. Flavonoids as antioxidants. *Journal of Natural Products*. 2000;63(7):1035-42.

17.Atınç M, Kalkan İ. Flavonoidler ve Sağlık Üzerine Etkileri. *Aydın Gastronomy*. 2018;2(1):1-38.

18.Luo Y, Jian Y, Liu Y, Jiang S, Muhammad D, Wang W. Flavanols from nature: A phytochemistry and biological activity review. *Molecules*. 2022;27(3):719.

19.Yilmaz Y. Novel uses of catechins in foods. *Trends in Food Science & Technology*. 2006;17(2):64-71.

20.14. Salehi B, Venditti A, Sharifi-Rad M, Kręgiel D, Sharifi-Rad J, Durazzo A ve ark. The therapeutic potential of apigenin. *International journal of molecular sciences*. 2019;20(6):1305.

21.15. Tsuchiya H, Sato M, Miyazaki T, Fujiwara S, Tanigaki S, Ohyama M, Tanaka T, Iinuma M. Comparative study on the antibacterial activity of phytochemical flavanones against methicillin-resistant *Staphylococcus aureus*. *Journal of Ethnopharmacology*. 1996;50(1):27–34.

22.Muhsiroğlu Ö. Flavonoller, Kardiyovasküler/Serebrovasküler Hastalıklar ve Kanser. *Beslenme ve Diyet Dergisi*. 2017;45(2):178-84.

23. Kahkeshani N, Farzaei F, Fotouhi M, Alavi SS, Bahramsoltani R, Naseri R ve ark. Pharmacological effects of gallic acid in health and diseases: a mechanistic review. *Iranian Journal Of Basic Medical Sciences*. 2019;22(3):225–37.

24.Shao D, Li J, Tang R, Liu L, Shi J, Huang Q, ve ark. Inhibition of gallic acid on the growth and biofilm formation of *Escherichia coli* and *Streptococcus mutans*. *Journal Of Food Science*. 2015;80(6):M1299–M1305.

25.Iwashina T. Flavonoid properties of five families newly incorporated into the order Caryophyllales. *Bull Natl Mus Nat Sci*. 2013;39(1):25-51.

26.Křížová L, Dadáková K, Kašparovská J, Kašparovský T. Isoflavones. *Molecules*.

2019;24(6):1076.

27. Tiring G, Satar S, Özkaya O. Sekonder metabolitler. Bursa Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi. 2021;35(1):203-15.

28. Ashraf MV, Pant S, Khan MAH, Shah AA, Siddiqui S, Jeridi M ve ark. Phytochemicals as antimicrobials: prospecting himalayan medicinal plants as source of alternate medicine to combat antimicrobial resistance. Pharmaceuticals (Basel, Switzerland). 2023;16(6):881.

29. Erdoğan AE, Everest A. Antimikrobiyal Ajan Olarak Bitki Bileşenleri. Turk Bilimsel Derleme Dergisi. 2013;2:27-32.

30. Hoult JR, Payá M. Pharmacological and biochemical actions of simple coumarins: natural products with therapeutic potential. General Pharmacology. 1996;27(4):713–22.

31. Fan M, Yuan S, Li L, Zheng J, Zhao D, Wang C. ve ark. Application of terpenoid compounds in food and pharmaceutical products. Fermentation. 2023;9(2):119.

32. Brihi N. Pharmacological activity of alkaloids: a review. Asian journal of botany. 2018;(1):1-6.

33. Othman L, Sleiman A, Abdel-Massih RM. Antimicrobial Activity of Polyphenols and Alkaloids in Middle Eastern Plants. Frontiers in Microbiology. 2019;10:911.

34. Nawrot R, Barylski J, Nowicki G, Broniarczyk J, Buchwald W, Goździcka-Józefiak A. Plant antimicrobial peptides. Folia microbiologica. 2014;59:181-96.

35. Rima M, Rima M, Fajloun Z, Sabatier JM, Bechinger B, Naas T. Antimicrobial peptides: A potent alternative to antibiotics. Antibiotics. 2021;10(9):1095.

36. Kumar P, Kizhakkedathu JN, Straus SK. Antimicrobial peptides: diversity, mechanism of action and strategies to improve the activity and biocompatibility in vivo. Biomolecules. 2018;8(1):4.

37. Soylu ÖB, Öztürk Y. Defensinler ve H. pylori Enfeksiyonundaki Rollerini. Dokuz Eylül Üniversitesi Tıp Fakültesi Dergisi. 2007;21(3):215-21.

## HEDEFLLENEN KANSER TEDAVİSİ İÇİN TEK ZİNCİRLİ DEĞİŞKEN FRAGMAN ANTİMİKROBİYAL PEPTİT (SCFVAMP) FÜZYON PROTEİNİ'NİN REKOMBİNANT ÜRETİMİ

**Yüksek Lisans Öğrencisi, SÜMEYYE ELİF ÖZTÜRK**

Yıldız Teknik Üniversitesi, sumeyye.ozturk2@std.yildiz.edu.tr

ORCID ID: 0009-0000-9986-8499

**Doç. Dr. EMEL ORDU**

Yıldız Teknik Üniversitesi, bemel@yildiz.edu.tr

ORCID ID: 0000-0003-3060-2806

### ÖZET

Meme kanseri dünyada ilk, ülkemizde ise ikinci sırada görülen en yaygın kanser türüdür. Son yıllarda hedefe yönelik kanser tedavisinde antikor temelli ilaç geliştirmek için rekombinant DNA teknolojisi ile çeşitli terapötik füzyon proteinlerin tasarlanması önemli bir çalışma alanı haline gelmiştir. İnsan Epidermal Büyüme Faktörü Reseptörü-2 (HER2), meme kanserlerinin % 20-25'inde çok fazla üretilmektedir. Bu çalışmada meme kanseri hücrelerinin çoğalması ve büyümesinde rol oynayan İnsan Epidermal Büyüme Faktörü Reseptörü-2'ye (HER2) karşı kullanılan bir monoklonal antikor olan anti-HER2'nin tek zincirli değişken fragmanı ile antikanser aktivitesi olduğu bilinen bir antimikrobiyal peptid olan Defensin- $\beta$ , bağlayıcı bir peptid olan (Gly<sub>3</sub>-Ser)<sub>4</sub> ile birleştirilerek meme kanseri tedavisinde kullanılmak üzere tek zincirli değişken fragmanlı bir füzyon proteini (Anti-HER2-scFv-Defensin- $\beta$ ) tasarlanmıştır. 948 baz çifti uzunluğundaki füzyon gen pQE2 ekspresyon vektörüne klonlanarak, farklı *E.coli* suşlarında ekspresyon denemeleri yapılmış ve en iyi ekspresyonun *E.coli* Origami suşunda olduğu belirlenmiştir. Heterolog olarak eksprese edilen Anti-HER2-scFv-Defensin- $\beta$  proteini saflaştırılarak SDS-PAGE analizi ile doğrulanmıştır. Yüksek konsantrasyon ve saflıkta protein üretimi gerçekleştirmek üzere ultrafiltrasyon ve diyaliz yöntemlerinin optimizasyonu devam etmektedir. Ardından hazırlanan meme kanserli hücre kültürlerine farklı konsantrasyonlarda Anti-HER2-scFv-Defensin- $\beta$  füzyon proteini uygulanarak meme kanseri tedavisindeki etkinliği değerlendirilecektir.

**Anahtar Kelimeler:** Terapötik protein ve peptidler, Kanser, Rekombinant DNA Teknolojisi

Bu çalışma Yıldız Teknik Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi tarafından TYL-2024-6090 nolu proje kapsamında desteklenmiştir.



## RECOMBINANT PRODUCTION OF SINGLE-CHAIN VARIABLE FRAGMENT ANTIMICROBIAL PEPTIDE (SCFVAMP) FUSION PROTEIN FOR TARGETED CANCER THERAPY

**M.Sc. SÜMEYYE ELİF ÖZTÜRK**

Yıldız Technical University, sumeyye.ozturk2@std.yildiz.edu.tr

ORCID ID: 0009-0000-9986-8499

**Assoc. Prof. Dr. EMEL ORDU**

Yıldız Technical University, bemel@yildiz.edu.tr

ORCID ID: 0000-0003-3060-2806

### ABSTRACT

Breast cancer is the most common type of cancer worldwide and the second most common in our country. In recent years, the design of various therapeutic fusion proteins using recombinant DNA technology for the development of antibody-based drugs in targeted cancer treatment has become an important field of study. Human Epidermal Growth Factor Receptor-2 (HER2) is overexpressed in 20-25% of breast cancers. In this study, a single-chain variable fragment of anti-HER2, a monoclonal antibody targeting HER2, which plays a role in the proliferation and growth of breast cancer cells, was fused with Defensin- $\beta$ , an antimicrobial peptide known for its anticancer activity. A single-chain variable fragment fusion protein (Anti-HER2-scFv-Defensin- $\beta$ ) was designed for use in breast cancer treatment. The 948-base pair long fusion gene was cloned into the pQE2 expression vector, and expression experiments were performed in different *E. coli* strains. It was determined that the highest expression level was achieved in the *E. coli* Origami strain. The heterologously expressed Anti-HER2-scFv-Defensin- $\beta$  protein was purified and confirmed via SDS-PAGE analysis. Optimization of ultrafiltration and dialysis methods is ongoing to obtain protein production with high concentration and purity. Subsequently, the Anti-HER2-scFv-Defensin- $\beta$  fusion protein will be applied to cultured breast cancer cell at different concentrations, and its effectiveness in breast cancer treatment will be evaluated.

**Keywords:** Therapeutic proteins and peptides, Cancer, Recombinant DNA Technology

This study was supported by Yıldız Technical University Scientific Research Projects Coordination Unit within the scope of project number TYL-2024-6090.

## CRYPHONECTRIA PARASITICA ALKOL OKSİDAZ ENZİMİNİN HETEROLOG EKSPRESYONU VE KARAKTERİZASYONU

**Yüksek Lisans Öğrencisi, Hüseyin Çelik**

Yıldız Teknik Üniversitesi, [huseyin.celik4@std.yildiz.edu.tr](mailto:huseyin.celik4@std.yildiz.edu.tr)

ORCID NO: 0009-0007-7477-0381

**Dr. Öğretim Üyesi , Günseli Kurt Gür**

Yıldız Teknik Üniversitesi, [gunseli@yildiz.edu.tr](mailto:gunseli@yildiz.edu.tr)

ORCID NO: 0000-0002-2911-9465

**Doç.Dr. Emel Ordu**

Yıldız Teknik Üniversitesi, [bemel@yildiz.edu.tr](mailto:bemel@yildiz.edu.tr)

ORCID NO: 0000-0003-3060-2806

### ÖZET

Alkol oksidazlar (AOX'ler), metanol oksidasyonu yoluyla formaldehit ve hidrojen peroksit üreten enzimler olup, biyoteknoloji, enerji, çevre ve sağlık gibi çeşitli endüstriyel alanlarda geniş bir uygulama yelpazesine sahip oksidoredüktaz grubundan enzimlerdir. Biyoyakıt üretiminde metanol bazlı süreçlerin optimizasyonunda, biyosensör teknolojilerinde alkol tespitinde, fermantasyon süreçlerinin izlenmesinde ve kağıt endüstrisinde lignin bozunmasının kolaylaştırılmasında önemli roller üstlenmektedir. Ayrıca, atık su arıtımında toksik alkol bileşiklerinin biyodegradasyonunu sağlarken, farmasötik biyoteknolojik uygulamalarda da kritik bir bileşen olarak işlev görmektedir. AOX'lerin bitki-mantar etkileşimlerini kolaylaştırdığı, patojenik enfeksiyonlar sırasında yüksek düzeyde eksprese edildiği belirlenmiştir. Kestane ağaçlarında dal kanseri hastalığına neden olan *C. parasitica* yeni alkol oksidazların keşfi için uygun bir kaynaktır. Bu çalışmada *C. parasitica* mantarından izole edilen alkol oksidaz geninin heterolog ekspresyonu ile rekombinant alkol oksidaz enzimi elde edilmesi amaçlanmıştır. Gen spesifik primerler kullanılarak PCR aracılığıyla izole edilen 1782 baz çifti uzunluğundaki CpAOX geni pQE-2 vektörüne klonlanarak BL-21 CodonPlus suşunda eksprese edilmiştir. pQE-2 vektörünün histidin kuyruğu özelliğinden faydalanılarak afinite kromatografisi ile saflaştırma yapılmaktadır. Enziminin rekombinant üretimi için uygun ekspresyon koşullarının araştırılması amacıyla Rosetta (DE3), Origami (DE3) olmak üzere farklı *E.coli* suşlarında ekspresyon denemeleri devam etmektedir.

**Anahtar Kelimeler:** Alkol oksidaz, Endüstriyel enzimler, *Cryphonectria parasitica*

## ABSTRACT

Alcohol oxidases (AOXs) are enzymes that produce formaldehyde and hydrogen peroxide through methanol oxidation and belong to the oxidoreductase group, possessing a wide range of applications in various industrial fields such as biotechnology, energy, environment, and healthcare. They play significant roles in optimizing methanol-based processes in biofuel production, detecting alcohol in biosensor technologies, monitoring fermentation processes, and facilitating lignin degradation in the paper industry. Additionally, AOXs contribute to the biodegradation of toxic alcohol compounds in wastewater treatment and serve as critical components in pharmaceutical biotechnological applications. AOXs have been found to facilitate plant-fungal interactions and are highly expressed during pathogenic infections. *Cryphonectria parasitica*, the causative agent of chestnut blight, is a suitable source for discovering novel alcohol oxidases. In this study, the aim was to obtain a recombinant alcohol oxidase enzyme through the heterologous expression of an alcohol oxidase gene isolated from *C. parasitica*. The CpAOX gene, which is 1782 base pairs in length, was isolated via PCR using gene-specific primers and cloned into the pQE-2 vector, followed by expression in the BL-21 CodonPlus strain. Affinity chromatography was employed for purification, utilizing the histidine-tag feature of the pQE-2 vector. To optimize recombinant enzyme production, expression trials are ongoing in different *E. coli* strains, including Rosetta (DE3) and Origami (DE3), to determine suitable expression conditions.

## ALGLERİN İHTİVA ETTİĞİ BİYOAKTİF BİLEŞENLER VE SAĞLIK ALANINDAKİ TERAPÖTİK POTANSİYELİ

**Dr. GÖKÇE KENDİRLİOĞLU ŞİMŞEK**

Fırat Üniversitesi, gksimsek@firat.edu.tr- 0000-0001-8896-2893

### ÖZET

Günümüzde doğal bileşenlere dayalı tedavi yaklaşımları giderek daha fazla ilgi görmektedir. Özellikle algler, içerdiği biyoaktif bileşenler sayesinde sağlık alanında önemli bir potansiyele sahiptir. Antik çağlardan beri beslenme ve tıbbi amaçlarla kullanılan bu mikroorganizmalar, modern bilim tarafından çeşitli hastalıkların önlenmesi ve tedavisinde umut verici bir kaynak olarak değerlendirilmektedir. Alglerden elde edilen florotanin, fucoidan, lektin ve fukoksantin gibi bileşenler antioksidan, anti-diyabetik, anti-kanser, anti-inflamatuvar ve kardiyovasküler hastalıkları önleyici etkileriyle öne çıkmaktadırlar. Florotanin, oksidatif stresi azaltarak güçlü bir antioksidan etki gösterirken, diyabet tedavisinde  $\alpha$ -amilaz ve  $\alpha$ -glukozidaz enzimlerinin inhibisyonu yoluyla kan şekeri düzenlenmesine katkıda bulunmaktadır. Fucoidan ise kanser hücre proliferasyonunu baskılayarak antitümör etkiler sergilerken, lektin antiviral ve anti-inflamatuvar özelliklere sahip olup bağışıklık sistemini destekleyici bir rol üstlenmektedir. Alglerden extre edilen bir diğer önemli biyobileşen olan fukokstantin, adipoz doku metabolizmasını düzenleyerek obeziteyle mücadelede potansiyel bir ajan olarak değerlendirilmektedir. Alglerden extre edilen metabolitlerin sağlık üzerindeki etkileri arasında; antioksidan aktivite, metabolik hastalıkların önlenmesi, kardiyovasküler hastalık riskinin azaltılması, nöroprotektif etkiler ve antikanser aktivite bulunmaktadır. Alglerden elde edilen değerli metabolitlerin antioksidan etkisi, serbest radikallerin neden olduğu oksidatif stresi azaltarak hücre hasarı önleme ve yaşlanma sürecini geciktirmek iken nöroprotektif etkiler Alzheimer gibi nörodejeneratif hastalıkların ilerleyişini yavaşlatma potansiyeline sahiptir. Antikanser aktivite ise kanser hücrelerine karşı selektif sitotoksisite göstererek kemoterapiye destekleyici bir bileşen olarak değerlendirilebilmektedir. Alglerin gıda, ilaç, kozmetik ve biyoteknoloji sektörlerindeki artan kullanımı, bu organizmaların sağlık alanındaki önemini giderek pekiştirmekte olup, mevcut çalışmalar alglerden elde edilen biyoaktif bileşenlerin terapötik etkilerini ortaya koymakta, ancak bu etkilerin daha kapsamlı klinik araştırmalarla doğrulanması gerektiği vurgulanmaktadır.

**Anahtar Kelimeler:** Alg, Metabolit, Sağlık

## ***Haematococcus pluvialis* MİKROALG TÜRÜNÜN YEŞİL VE KIRMIZI FAZLARDA KARANLIK ORTAM STRESİ ALTINDA GELİŞİM, ASTAKSANTİN VE PROTEİN MİKTARLARINDAKİ DEĞİŞİMLERİN İNCELENMESİ**

**Dr. GÖKÇE KENDİRLİOĞLU ŞİMŞEK**

Fırat Üniversitesi, gksimsek@firat.edu.tr- 0000-0001-8896-2893

### **ÖZET**

*Haematococcus pluvialis*, astaksantin üretimiyle bilinen ve çevresel stres koşullarına duyarlı, yüksek astaksantin üretim kapasitesi nedeniyle biyoteknolojik ve endüstriyel açıdan önemli bir yeşil bir mikroalg türüdür. Işık, bu mikroalg türünün metabolik süreçleri üzerinde belirleyici bir etkiye sahip olup, ışık eksikliği gibi stres faktörleri, alglerin biyokimyasal yanıtlarını ve gelişim süreçlerini değiştirebilmektedir. Karanlık ortam stresi, mikroalglerin adaptasyon mekanizmalarını ve metabolit üretimini etkileyen önemli bir stres faktör olarak öne çıkmaktadır. Bu çalışmada, *Haematococcus pluvialis* türünün yeşil ve kırmızı fazlarında karanlık ortam stresi altında gelişim, astaksantin ve protein miktarlarındaki değişimlerin incelenmesini amaçlanmış ve karanlık ortam koşullarına karşı gösterilen biyokimyasal yanıtlar araştırılmıştır. Karanlık ortam stresi altında on gün boyunca yeşil ve kırmızı fazda inoküle edilen *Haematococcus pluvialis* mikroalg türü ile gerçekleştirilen çalışmada kontrol grubunun aksine optik yoğunluk değerleri her iki fazda da azalmalar göstermiştir. Astaksantin miktarları ise kontrol, yeşil ve kırmızı fazlarda altıncı günde maksimum değerlere ulaşmış yeşil fazda astaksantin miktarı 0,904 mg/ml iken kırmızı fazda 1,318 mg/ml değerine ulaştığı tespit edilmiştir. Protein analizleri neticesinde ise altıncı günde karanlık ortam stresi altında kontrol grubuna (1,892 µg/ml) kıyasla yeşil fazda (2,123 µg/ml) protein miktarının daha yüksek değerlere ulaştığı kırmızı fazda (1,704 µg/ml) inoküle edilen kültürlerin protein miktarı değerlerinin ise minimum olduğu belirlenmiştir. Bu çalışma, astaksantin üretiminin artırılmasına yönelik stratejilerin geliştirilmesi için potansiyel biyoteknolojik uygulamalar açısından önemli bir temel teşkil edebilir. Elde edilen sonuçların, mikroalglerin çevresel stres koşullarına verdikleri biyokimyasal yanıtların derinlemesine anlaşılmasına katkı sağlaması ve astaksantin ile protein üretiminin optimize edilmesi amacıyla gelecekteki araştırmalara rehberlik etmesi beklenmektedir.

**Anahtar Kelimeler:** *Haematococcus pluvialis*, Karanlık periyot, Astaksantin

## DETERMINATION OF POLLEN MORPHOLOGY IN *Genista tinctoria* L. (Fabaceae) USING THE ERDTMAN METHOD

**Doç. Dr. Okan SEZER**

Eskişehir Osmangazi University, oksezer@ogu.edu.tr - ORCID ID/0000-0001-7304-1346

**Prof. Dr. İsmühan POTOĞLU ERKARA**

Eskişehir Osmangazi University, ismuhan@ogu.edu.tr - ORCID ID/0000-0001-5780-4999

### ABSTRACT

In this study, the pollen morphology of *Genista tinctoria* L. (Fabaceae), used for landscaping purposes in Eskişehir province, has been examined. Pollen samples of the plants were obtained from the flowers of trees in parks and gardens. The pollen samples of the examined taxa were taken from dried plants available at the Osmangazi University Faculty of Science Herbarium (OUFE). The palyno-morphological characteristics of the taxon were examined under a light microscope. Asetolized pollen grains were prepared according to the Erdtman method for light microscope examinations. Pollen grains of *G. tinctoria* are tricolporatae type and prolatae in shape. The exine exhibits tectatae-granulatae-perforatae ornamentation. Taxon differentiations were statistically established as a result of microscopic examinations. Comparisons among the studied taxa will contribute to the taxonomy of *Genista* for its classification.

**Keywords:** *Genista tinctoria*, pollen morphology, Erdtman, Eskişehir, Türkiye.

### 1. INTRODUCTION

Palynology is an essential tool in plant taxonomy, offering unique insights into species differentiation through the microscopic study of pollen grains. The structural details of pollen, such as its aperture type, surface ornamentation, and size variation, provide crucial information for taxonomic classification, especially in groups where traditional morphological characteristics are insufficient [1]. One of the most significant advancements in palynological research was the development of the acetolysis method by Gunnar Erdtman, which enabled the removal of cytoplasmic content from pollen grains, thereby enhancing the visibility of their external structures [2]. This technique not only

improved the accuracy of pollen identification but also standardized the process, making comparative studies more reliable. Today, the Erdtman method remains a cornerstone in palynology, continuing to refine classifications and expand our understanding of plant evolution. In this study conducted in Eskişehir parks and gardens, the pollen grains of *Genista tinctoria* L. (Fabaceae) taxon was investigated and its morphological characteristics were determined by Erdtman method. In this study, it is aimed to shed light on plant systematics.

## 2. MATERIALS AND METHODS

### 2.1. Materials

The materials of the study is *Genista tinctoria* taxon, used for herbal design in the parks in Eskişehir city center. Pollen samples of the plants were obtained from the flowers in the trees located on the parks and gardens. Pollen samples of the investigated taxa were taken from dried plants found in the Herbarium (OUFE) of Osmangazi University Faculty of Science. The examination of current pollen grains under light microscope was done by Erdtman (1969) method [3].

### 2.2. Erdtman Method

The preparations of the pollen taken from the samples were prepared by the method of Erdtman (1969) to be examined under the light microscope. Pollen preparations for the research were prepared by the Acetolysis method (Erdtman). Pollen grains were examined with a Binocular Leitz-Ortholux microscope. Apochromatic oil immersion objective (x90), Micrometric Periplan eyepiece (x10) were used. A spacing of the micrometric ruler was calculated as 0.45  $\mu$ . The measurements of each specialty pollen were measured at least 50 times until the Gaussian curve was obtained, and the pollen with large variations in size were measured at least 100 times. Erdtman revised and re-emerged this method used in the preparation of fresh pollen preparations [3]. It is understood by the treatment process that the herbarium material will be subjected to: The material is passed through a sieve of approximately 0.11 mm<sup>2</sup>, with the help of a small funnel 15 mm. taken into the centrifuge tube. Acetolysis mixture is poured on it; the mixture is 9 volumes of anhydrous acetic acid and 1 volume of concentrated sulfuric acid. The mixture is prepared by adding sulfuric acid dropwise to anhydric acid. (At this time, the temperature rises to about 70 °C). The acetolysis mixture should be prepared as needed each time. 10 ml for a sample. must be calculated. Centrifuge tubes are slowly heated up to the boiling point of water in a container filled with water. The lid of this container has a hole for each tube and a place in the middle to hold a thermometer. In order for the tubes and the

thermometer not to touch the bottom of the container, there is a tripod that carries them. This carrier can carry 4-6-8- or 16 tubes. It is in size and structure. Heating should be done under a hot and each tube should be mixed frequently with a separate glass rod. If a tube is broken during heating or if the mixture in the tube is poured into water, a very strong reaction will occur and it will spray out, so care must be taken. Heating is stopped when the water boils, the tubes are kept in this hot water for 15 minutes. Then it is centrifuged. The speed of the centrifuge should be adjusted to the given speed. In addition, the acetolysis mixture is taken into the collection bottle and poured into a place that will not harm it.

The material that will remain at the bottom of the centrifuge tube is washed with a 3/1 mixture of water and 95% alcohol. The material in this tube is filtered into another tube (B tube) by passing through the aforementioned sieve. The first used tube A is cleaned; The material, which is filtered in the same way for the second time, is taken back to the A tube. It is subjected to centrifugation and the liquid inside is poured out. The tube is closed on the filter paper with its mouth downwards, and it is filtered thoroughly. If necessary, this material is studied under the microscope and it is decided whether to continue the treatment. If it will not be continued, if the pollens are dyed too dark, they are brought to the clarification stage. Some samples are so dark that it is very difficult to study the properties of the exine. In this case, the red light should be used. Because this light penetrates into the exine better than blue, green and violet light and provides a more comfortable view under the microscope.

If the color does not need to be clarified, some (ml) of 50% glycerin is added and shaken. Wait at least 10 minutes (preferably 1 hour or more). It is then centrifuged. Also, if possible, it is left to dry for 24 hours in an oven at 50 °C. If the color of the material needs to be clarified, tube A is filled with distilled water and shaken. Then half or 1/3 of it is quickly emptied into the B tube. Tube B is centrifuged and the liquid is drained. 2 ml in this tube in hot. Add glacial acetic acid and 2-3 drops of saturated sodium chlorate and then 2-3 drops of concentrated hydrochloric acid and mix. The material turns white within one minute by the liberated chlorine. After centrifugation, it is washed with distilled water and subjected to centrifugation. It is filled with distilled water and poured into the A tube. It is ensured to mix thoroughly by shaking. 1 ml. Shake by adding 50% glycerin. It is kept for not less than 10 minutes. Then it is centrifuged, filtered, and left to dry in an oven at 50 °C for 24 hours.

### 2.3. Making the preparation

The necessary material for this purpose, slide, lamella, 4 cm. a platinum needle, pinset, razor, 22 × 7 or 5 × 5cm in length and attached to a long handle. It consists of rectangular frames (to



put on slides) and backing cards. Backing cards, sides  $10 \times 15$  cm. width, 2.5 cm. These are 'L' shaped cards. They are glued on a large cardboard.

A piece of glycerin-gelatin in the size of a pin head attached to the tip of a platinum needle sterilized by dipping into alcohol or burning, is inserted into the tube taken from the drying cabinet and smeared with the material, and then placed on a clean slide with the help of support cards. The glycerin-gelatin is melted by heating it slowly with a small spirit lamp or a light burner flame. Then, it is tried to spread the material homogeneously by mixing it well on the slide with a platinum needle. Then, when the coverslip is closed, the glycerin-gelatin is 2-3 cm. It is spread in a circle in diameter, the space between the slide and the coverslip is filled with paraffin melt. On the frames, the coverslip is placed down (this is necessary for the detection of pollen close to the coverslip). After a while, paraffin and glycerine-gelatine solidify; overflowing paraffin is scraped off with a razor blade; The preparation is thoroughly cleaned with a damp soft cloth. Finally, the label is attached and the necessary information is noted on it.

The material whose pollen or spores are examined for the treatment to which the fresh material will be subjected is stored in glacial acetic acid and in small tubes. Acid is poured for the preparation and this material is taken into a centrifuge tube and crushed with a glass rod; then proceed as described above.

Diagnosis and counting of pollen were made with Prior binocular microscope. A x 10 eyepiece, x 10 and x 40 plan objective was used for counting, and x 100 plan oil-immersion lens was used for diagnosis. Each range in the ocular micrometer is  $0.98 \mu\text{m}$ .

Microphotographs were taken with Spot In-SIGHT Color Digital camera and Olympus type microscope in Osmangazi University, Faculty of Science and Letters, Department of Biology. The magnifications of the photographs are  $10 \mu\text{m}$ ,  $25 \mu\text{m}$  and  $100 \mu\text{m}$ .

Various basic palynological books and various studies have been used for the diagnosis of pollen [3-10].

### 3. RESULTS

Fabaceae is a large family that primarily consists of herbaceous plants but also includes shrub and tree species. Botanically, the leaves are petiolate, mostly arranged alternately, and can be pinnate, palmate, or trifoliate. The flowers are zygomorphic and usually arranged in racemes, spikes, or heads. The perianth consists of a single calyx. The corolla is divided into five segments. All family members have flowers with five petals, with a small wing-like structure

on each side of the petals. There are 10 stamens, which may be free or form united groups. The pistil is simple with a single stigma. The superior ovary is unilocular. The fruit is a legume. The seeds have a hard shell and are generally kidney-shaped or round. They are highly versatile, providing valuable products such as food, fodder, gum, resin, and timber, while also enriching the soil with nitrogen through nitrogen fixation. They thrive in sunny locations and temperate climates. They prefer well-drained, sandy, rocky, permeable, and dry soils. They can be propagated by seeds or by separating root suckers.

**Species:** *Genista tinctoria*

**Pollen Type:** Tricolporatae

**Pollen Shape:** Subprolatae P/E= 1,16  $\mu\text{m}$  (E)

**Exine:** Average thickness 1,24  $\mu\text{m}$  (E)

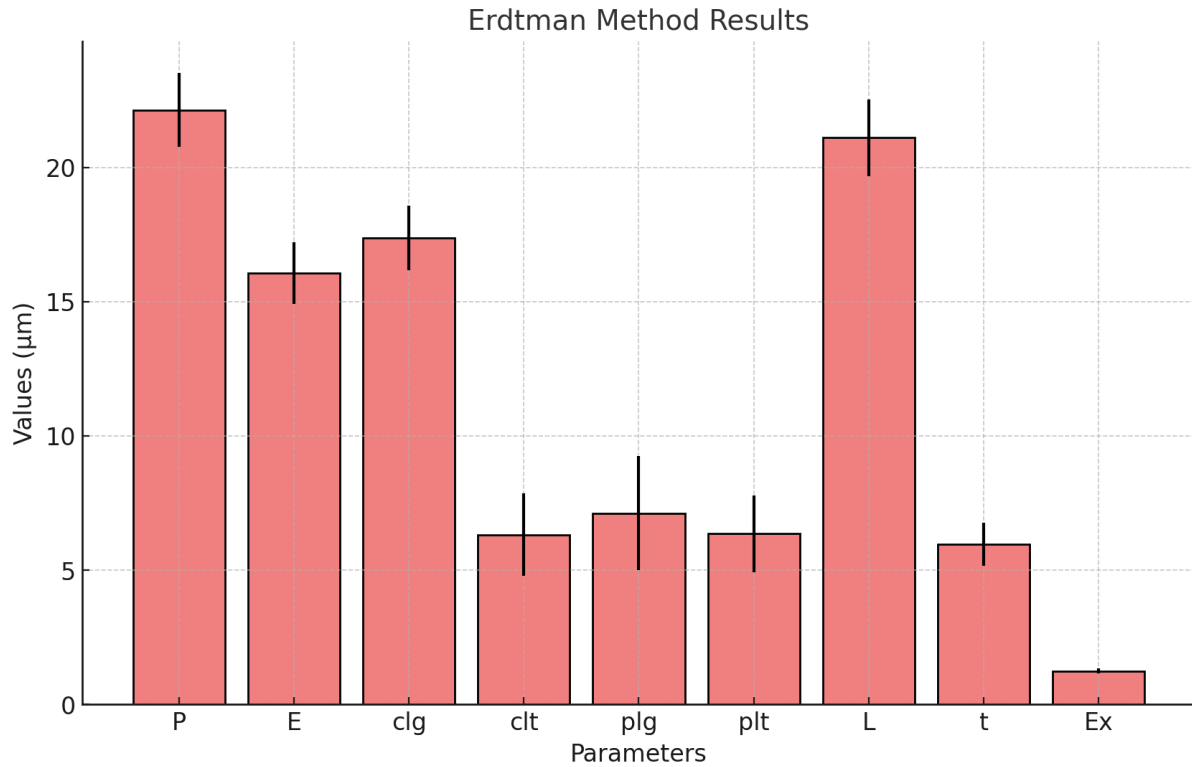
**Aperture:** Colpus broad and long, well-defined, pointed ends. Pores are prominent.

**Structure:** Tectatae

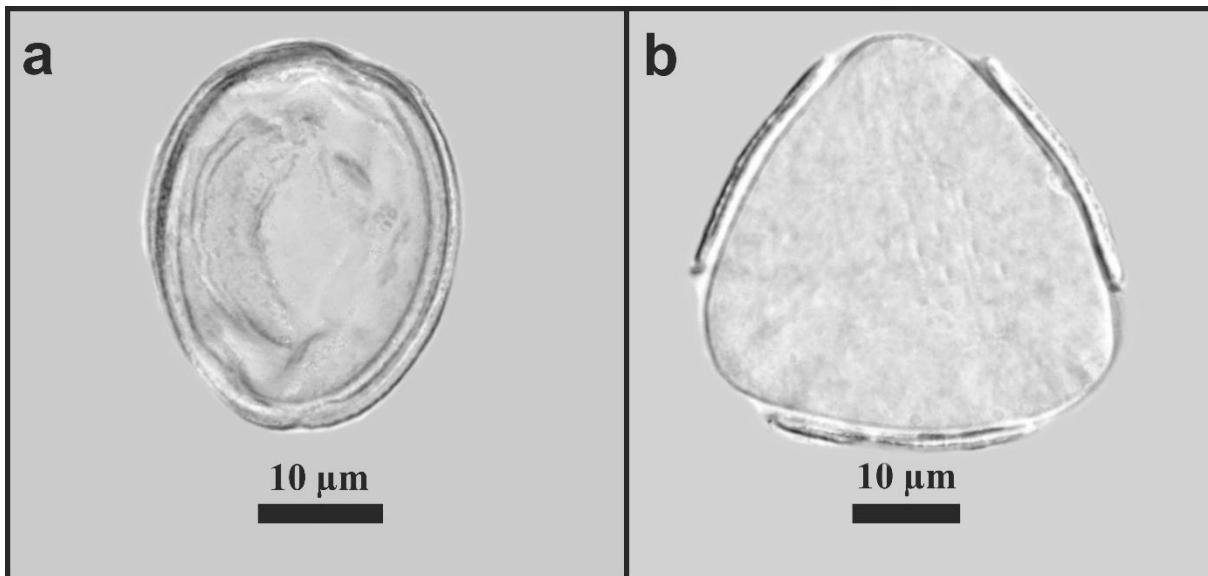
**Sculpture:** Granulatae-perforatae

**Table 1. Morfometric Data of *Genista tinctoria***

Erdtman Method			
	M	S	
P	22,13	$\pm 1,38$	$\mu\text{m}$
E	16,06	$\pm 1,14$	$\mu\text{m}$
clg	17,36	$\pm 1,20$	$\mu\text{m}$
clt	6,32	$\pm 1,54$	$\mu\text{m}$
plg	7,12	$\pm 2,12$	$\mu\text{m}$
plt	6,35	$\pm 1,44$	$\mu\text{m}$
L	21,10	$\pm 1,42$	$\mu\text{m}$
t	5,96	$\pm 0,80$	$\mu\text{m}$
i	-	-	$\mu\text{m}$
Ex	1,24	$\pm 0,10$	$\mu\text{m}$



**Figure 1. Pollen Morphometric Data of *Genista tinctoria***



**Figure 2. LM microphotographs of *Genista tinctoria* (a: Equatorial view (E), b: Polar view (E))**

#### 4. DISCUSSION

The Fabaceae family, also known as Leguminosae, is one of the largest angiosperm families, comprising over 19,500 species distributed worldwide. It is characterized by its distinctive fruit type (legume), compound leaves, and nitrogen-fixing root nodules, which contribute to soil

fertility [11]. Within Fabaceae, the genus *Genista* belongs to the tribe Genisteeae and includes approximately 90 species distributed across Europe, North Africa, and Western Asia. Molecular phylogenetic studies have been instrumental in resolving taxonomic ambiguities within *Genista*, with DNA-based approaches such as inter-simple sequence repeats (ISSR) proving effective in identifying genetic relationships and synonymizing certain taxa [12]. Additionally, morphological traits, particularly seedling and floral structures, have provided valuable taxonomic markers to distinguish *Genista* from closely related genera within the tribe [13]. These findings highlight the importance of integrating molecular and morphological data in clarifying the systematics of Fabaceae and its diverse genera.

Taxonomically, *Genista* belongs to the tribe Genisteeae, which is characterized by shrubby or small tree-like growth forms, often with spiny or thornless branches. The genus exhibits typical Fabaceae floral traits, including papilionaceous (butterfly-shaped) flowers with a prominent standard petal, wings, and a keel. The flowers are usually yellow, though variations exist, and they are borne in racemes or solitary arrangements. Leaves in *Genista* species are simple or trifoliate, often small and deciduous, adapted to xerophytic environments. The fruit is a dehiscent legume, containing multiple small seeds with a hard coat that aids in dispersal and germination. Recent molecular phylogenetic studies using DNA markers, such as ISSR analysis, have helped clarify species relationships and resolve taxonomic ambiguities within the genus [12]. Additionally, morphological traits such as seedling characteristics, cotyledon shape, and leaf structure have provided valuable taxonomic markers for distinguishing *Genista* from closely related genera within Genisteeae [13].

The palynological study on *Genista tinctoria* provides significant insights into the taxonomic classification and morphological diversity of the species. By utilizing the Erdtman method, the study successfully examined pollen structure, revealing tricolporate pollen grains with a subprolate shape and tectate exine ornamentation characterized by granulatae-perforatae structures. These findings contribute to the broader understanding of Fabaceae pollen morphology and its implications for plant systematics. The study also highlights variations in pollen size, shape, and ornamentation, which may be influenced by climatic conditions, cultivation practices, and environmental factors. The results support the role of palynology in refining taxonomic relationships within *Genista* and emphasize the need for further comparative studies across different regions. Ultimately, this research aids in the development of a comprehensive pollen atlas for Turkey's parks and gardens, promoting biodiversity conservation and botanical classification efforts.

## REFERENCES

- [1] Davis, A., & Furness, C. (2001). Nordenstam B, El-Ghazaly G, Kassas M, eds. 2000. Plant systematics for the 21st century. 366 pp. London: Portland Press.£ 75 (hardback). *Annals of Botany*, 87(4), 549-550.
- [2] Erdtman, G., & Schmid, R. (1987). Pollen morphology and plant taxonomy. Angiosperms. (An introduction to palynology. I.) *Taxon*, 36, 779.
- [3] Erdtman, G. (1969). *Handbook of Palynology Morphology, Taxonomy, Ecology. An Introduction to the Study of Pollen Grains and Spores.* Hafner Pub. New York.
- [4] Kuprianova, A. (1967). Apertures of pollen grains and their evolution in Angiosperms. *Paleobot. Playnology*, 3. [https://doi.org/10.1016/0034-6667\(67\)90041-3](https://doi.org/10.1016/0034-6667(67)90041-3)
- [5] Aytuğ, B., Aykut, S., Merev, N. and Edis, G., İstanbul Çevresi Bitkilerinin Polen Atlası. İ. Ü. Yayın No:1650, O.F. Yayın no:174, 1971.
- [6] Charpin, J., Surinyach, R. and Frankland A. W., *Atlas of European allergenic pollens.* Sandoz Editions, Paris, pp. 20-23, 1974.
- [7] Faegri, K. and Iversen, J., *Textbook of pollen-analysis.* 3rd edition. Munksgaard, Copenhagen, 1975.
- [8] Moore, P. D., Webb, J. A. and Collinson, M. E., *Pollen analysis.* Oxford Blackwell Scientific Publications, London, pages: 110-112, 1991.
- [9] Walker, J. W. (1974a). Evolution of exine structure in the pollen of primitive Angiosperms. *Am J Bot*, 61. <https://doi.org/10.1002/j.1537-2197.1974.tb12315.x>
- [10] Walker, J.W. (1974b). Aperture evolution in the pollen of primitive Angiosperms. *Am J Bot*, 61.
- [11] Wardani, I. K., Amandita, F. Y., Moura, C., Gailing, O., & Siregar, I. (2022). Molecular taxonomy via DNA barcodes for species identification in selected genera of Fabaceae. *Jurnal Pengelolaan Sumberdaya Alam dan Lingkungan (Journal of Natural Resources and Environmental Management)*, 12(1), 112-122.
- [12] Hakki, E. E., Doğan, B., Duran, A., Martin, E., & Dinç, M. (2010). Phylogenetic relationship analysis of *Genista* L. (Fabaceae) species from Turkey as revealed by inter-simple sequence repeat amplification. *African Journal of Biotechnology*, 9(18), 2627-2632.



- [13] López, J., Devesa, J. A., Ruiz, T., & Ortega-Olivencia, A. (1998). Seedling morphology in *Genisteae* (*Fabaceae*) from south-west Spain. *Botanical Journal of the Linnean Society*, 128, 229-250.

**INVESTIGATIONS OF POLLEN MORPHOLOGY IN *Callistemon citrinus* (Curtis) Dum. Cours. (Myrtaceae) TAXON GROWING IN ESKİŞEHİR USING WODEHOUSE AND SCANNING ELECTRON MICROSCOPE (SEM) METHOD**

**Prof. Dr. İsmühan POTOĞLU ERKARA**

Eskişehir Osmangazi University, ismuhan@ogu.edu.tr - ORCID ID/0000-0001-5780-4999

**Doç. Dr. Okan SEZER**

Eskişehir Osmangazi University, oksezer@ogu.edu.tr - ORCID ID/0000-0001-7304-1346

**ABSTRACT**

The pollen morphology of *Callistemon citrinus* (Curtis) Dum.Cours. (Myrtaceae), a taxon used for landscaping purposes in Eskişehir province, has been examined. Pollen samples of the plants were collected from the flowers of trees in parks and gardens, as well as from dried specimens found in the Herbarium of Osmangazi University Faculty of Science (OUFE). The palynological characteristics of the taxon were analyzed using light microscopy and scanning electron microscopy. For light microscopy examinations, non-acetolyzed pollen grains were prepared according to the Wodehouse method, and measurements were carried out in sufficient quantity to reveal variation in morphological characteristics. The examined *C. citrinus* pollen grains were of the triporatae type and had a sphaeroidea shape. The exine ornamentation was determined as tectatae-granulatae. The analyses conducted statistically demonstrated the distinctions between taxa. The data obtained in this study will contribute to the taxonomy of *Callistemon* taxa.

**Keywords:** *Callistemon citrinus*, pollen morphology, SEM, Eskişehir, Türkiye.

**1. INTRODUCTION**

Palinology has clear contributions in the phylogenetic relationships of plants. Plant systematists have taken into account their palynological features as well as their morphological, anatomical and ecological features in determining and classifying plants. Owing to to the morphological features of pollen grains, classification of many plant families has been made more accurate today and the origins of these families have been better understood.

The classification of pollen grains is made according to their shape, structure, and exine ornamentation. In this respect, ornamentation of the exine membrane, which forms the outer part of the pollen grains, are particularly important taxonomic character. In recent years, palynological studies conducted with electron microscopy have made the precise distinction of plant species in taxonomic terms and phylogenetic relationships have been revealed. By using electron microscopy, the structure of the exine and intine layers of the pollen grains was examined in detail, and thus it was possible to distinguish at the level of variety, race, or even population. Investigating the differences in the sizes of pollen grains and surface ornamentation are used as a very useful method in terms of distinguishing different varieties and types [1-3]. The Wodehouse method has significantly contributed to palynology by providing an effective approach for preparing and analyzing pollen grains under light microscopy. Developed by Roger P. Wodehouse, this method involves staining and mounting pollen in glycerin jelly, enhancing the clarity of exine ornamentation and aperture structures [4]. One of its primary advantages is its ability to preserve pollen morphology while allowing for detailed observation, making it widely applicable in taxonomic, aerobiological, and paleoenvironmental studies [5]. Additionally, it has proven useful in assessing pollen viability and allergenic properties, playing a crucial role in forensic palynology and medical allergology [6]. By providing a reliable and accessible preparation technique, the Wodehouse method has significantly improved the accuracy of pollen identification and classification, contributing to advancements in plant systematics, phylogenetics, and ecological research.

In this research conducted in the parks and gardens of Eskişehir, the pollen grains of *Callistemon citrinus* were identified, and their morphological characteristics were thoroughly examined. The primary objective of this study is to contribute to plant systematics by providing valuable insights into the taxonomic classification and distinguishing features of this species.

## 2. MATERIALS AND METHODS

### 2.1. Materials

The materials of the study is *Callistemon citrinus* taxon, used for herbal design in the parks in Eskişehir city center. Pollen samples of the plants were obtained from the flowers in the trees located on the parks and gardens. Pollen samples of the investigated taxa were taken from dried plants found in the Herbarium (OUFE) of Osmangazi University Faculty of Science. The examination of current pollen grains under light microscope was done by Wodehouse (1935) method.



## 2.2. Wodehouse Method

The preparations of the pollen taken from the samples were prepared by the method of Wodehouse (1935) to be examined under the light microscope.

After the pollen extracted from the anthers was placed on a clean slide, 2-3 drops of 96% alcohol were dripped onto it to dissolve the resin and oils. In order for the alcohol to evaporate, the slide was heated on a heating plate between 30-40 °C. A little (1-2 mm<sup>3</sup>) of basic fuchsin-containing glycerin-gelatin was placed on the detected pollen on the slide, and it was heated and melted. With a clean needle, the pollen was distributed homogeneously on the slide and 22x22 mm<sup>2</sup> lamellae were covered in such a way that no air bubbles remained [7]. In order to allow the preparations to freeze, they were kept inverted at room temperature for 1-2 days. The slides were labeled and taken into boxes for storage.

## 2.3. Preparation of Glycerin-Gelatin

Gelatin plates are kept in distilled water for a certain time (2-3 hours). One measure of softened gelatin is mixed with 1.5 parts of glycerin. 2-3% acid-phenic is added to prevent mold growth. This mixture is heated up to 80 °C. The mixture poured into a clean petri dish is left to slowly solidify. The desired amount of basic fuchsin dye is added to the glycerin-gelatin prepared for the Wodehouse method in order to dye the pollen [8].

## 2.4. Measuring Pollen and Taking Pictures

Examination of pollen was done with Prior brand light microscope. Apochromatic oil immersion objective (x100) and micrometric eyepieces (x10) were used. A range of the micrometric ruler used was calculated as 1 µ. Pollen measurements of each taxon were made until the Gausse curve for P, E, was obtained. Means (M), standard deviations (S) and variations (Var) of these measures were calculated based on the following formulas [8].

In the preparations made according to the Wodehouse (1935) method, the exine and intin thicknesses of each taxon pollen were measured at least 20 times, at most 50 times. These measurements were directly mathematically averaged.

Diagnosis and counting of pollen were made with Prior binocular microscope. A x 10 eyepiece, x 10 and x 40 plan objective was used for counting, and x 100 plan oil-immersion lens was used for diagnosis. Each range in the ocular micrometer is 0.98 µm.

Microphotographs were taken with Spot In-SIGHT Color Digital camera and Olympus type microscope in Osmangazi University, Faculty of Science and Letters, Department of Biology. The magnifications of the photographs are 10 µm, 25 µm and 100 µm.

Various basic palynological books and various studies have been used for the diagnosis of pollen [4-11].

### 2.5. Measuring Pollen and Taking Pictures

The examination of current pollen grains under SEM microscope was done. Morphological examinations of the pollen grains were done under Nikon binocular microscope, oil immersion objective (x100). 50 times measurements were made for all parameters to determine the average values. Each range in the ocular micrometer is 0.98  $\mu\text{m}$ . Microphotographs were taken with SEM in Eskişehir Osmangazi University. For Scanning electron microscopy (SEM) examinations, unacetholyzed pollen grains were placed on the fixing plate and covered with gold and examined under Jeol 5600 LV Scanning electron microscope (SEM) [13; 14]. Various basic palynological books and various studies have been used for the diagnosis of pollen [4-14].

## 3. RESULTS

Myrtaceae family is evergreen shrubs that can grow up to 5 meters tall. They have a dense texture and are highly branched. Their leaves are small, opposite, leathery, glandular, oval-elongated, and emit a highly aromatic scent when crushed. They bloom in the summer months. They grow in sunny locations and temperate climates. They prefer well-aerated, sandy, loose, and organically rich soils. They can be propagated by seeds and cuttings. They are cultivated individually or in groups in parks and gardens. Their native regions are the Mediterranean and Australia.

**Species:** *Callistemon citrinus* (Curtis) Dum. Cours.

**Pollen Type:** Triporatae

**Pollen Shape:** Sphaeroide4s P/E= 1,28  $\mu\text{m}$  (W)

**Exine:** Average thickness 1,08  $\mu\text{m}$  (W)

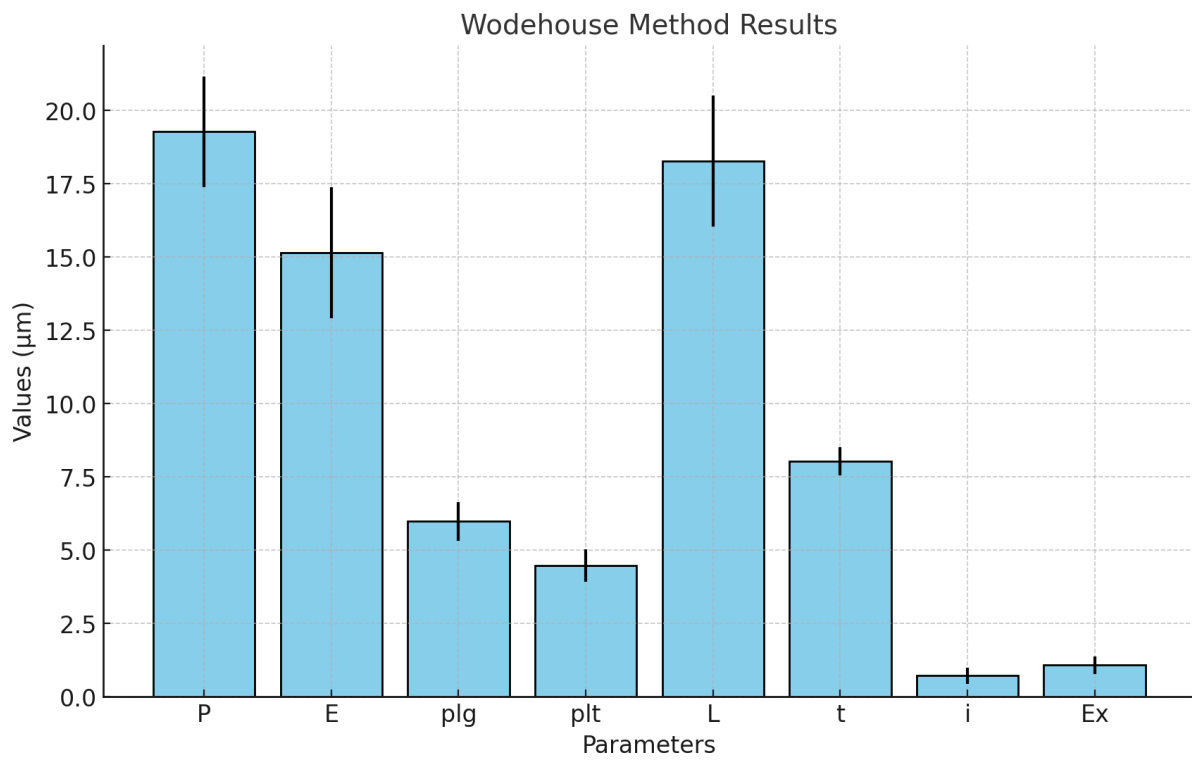
**Aperture:** Pores are prominent.

**Structure:** Tectatae

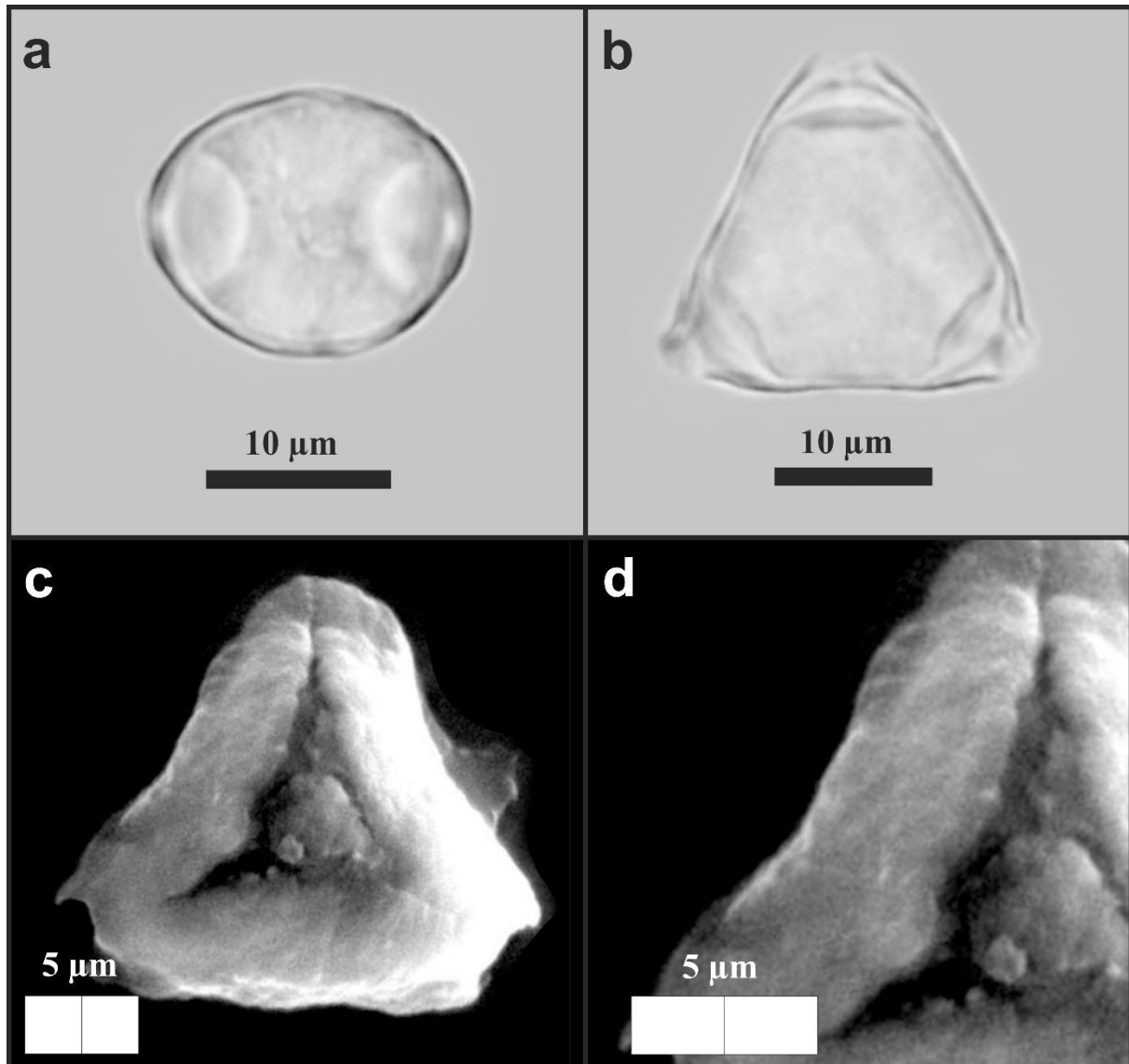
**Sculpture:** Granulatae

**Table 1. Morfometric Data of *Callistemon citrinus***

Wodehouse Method		
	M	S
P	19,28	± 1,88
E	15,16	± 2,24
plg	5,98	± 0,66
plt	4,48	± 0,56
L	18,28	± 2,24
t	8,04	± 0,48
i	0,72	± 0,28
Ex	1,08	± 0,30



**Figure 1. Morfometric Data of *Callistemon citrinus***



**Figure 2. LM (a. Equatorial view, b. Polar view) and SEM (c. Polar view, d. Exine ornamentation) microphotographs of *Callistemon citrinus***

#### 4. DISCUSSION

The present study provides a comprehensive analysis of the pollen morphology of *Callistemon citrinus* using both light microscopy (Wodehouse method) and scanning electron microscopy (SEM). The findings contribute significantly to the field of palynology by offering detailed insights into the taxonomic classification and structural characteristics of this taxon.

One of the key findings of this study is the identification of the *C. citrinus* pollen type as triporate with a sphaeroidal shape and tectate-granulate exine. This classification aligns with previous studies on Myrtaceae family members, further supporting the systematic placement of this species. The presence of prominent pores and the specific exine thickness measurements reinforce its distinct palynological identity.

Moreover, the study highlights the importance of pollen morphology in plant taxonomy and systematics. The morphological data obtained can serve as a reference for future studies aiming to distinguish closely related species within the *Callistemon* genus. Additionally, the creation of a pollen atlas for urban green spaces in Turkey, as proposed in this research, would be a valuable tool for botanists, ecologists, and landscape planners.

Overall, the findings of this study contribute to a deeper understanding of *C. citrinus* pollen morphology and its taxonomic significance. Future research should focus on expanding the dataset with additional specimens from different geographical regions and exploring the potential applications of pollen morphology in ecological and evolutionary studies.

## REFERENCES

- [1] Walker, J. W., & Doyle, J. A. (1975). The bases of angiosperm phylogeny: palynology. *Annals of the Missouri Botanical Garden*, 664-723. <https://doi.org/10.2307/2395271>
- [2] Doyle, J. A. (2009). Evolutionary significance of granular exine structure in the light of phylogenetic analyses. *Review of Palaeobotany and Palynology*, 156 (1-2). <https://doi.org/10.1016/j.revpalbo.2008.08.001>
- [3] Havinga, A. J. (1967). Palynology and pollen preservation. *Review of Palaeobotany and Palynology*, 2 (1-4). [https://doi.org/10.1016/0034-6667\(67\)90138-8](https://doi.org/10.1016/0034-6667(67)90138-8)
- [4] Woodehouse, R. P., *Pollen grains, their structure, identification and significance in medicine*. New York: Hafner, New York, 574, 1935.
- [5] Moore, P. D., Webb, J. A. and Collinson, M. E., *Pollen analysis*. Oxford Blackwell Scientific Publications, London, pages: 110-112, 1991.
- [6] Faegri, K. and Iversen, J., *Textbook of pollen-analysis*. 3rd edition. Munksgaard, Copenhagen, 1975.
- [7] Aytuğ, B., Aykut, S., Merev, N. and Edis, G., *İstanbul Çevresi Bitkilerinin Polen Atlası*. İ. Ü. Yayın No:1650, O.F. Yayın no:174, 1971.
- [8] Aytug, B. (1967). *Pallinologic researches in polen morphology and important gymnosperms of Turkey*. İÜ yay, (1261).
- [9] Erdtman, G. (1969). *Handbook of Palynology Morphology, Taxonomy, Ecology*. An Introduction to the Study of Pollen Grains and Spores. Hafner Pub. New York.
- [10] Kuprianova, A. (1967). Apertures of pollen grains and their evolution in Angiosperms. *Paleobot. Playnology*, 3: 73-80.

- [11] Charpin, J., Surinyach, R., Frankland AW. (1974). Atlas of European allergenic pollens. Sandoz Editions, Paris, pp. 20-23.
- [12] Faegri, K., Iversen, J. (1975). Textbook of pollen-analysis. 3rd edition. Munksgaard, Copenhagen.
- [13] Walker, J.W. (1974a). Evolution of exine structure in the pollen of primitive Angiosperms. Am J Bot 61: 891-902.
- [14] Walker, J.W. (1974b). Aperture evolution in the pollen of primitive Angiosperms. Am J Bot 61: 1112-1137.

## **DETERMINATION OF POLLEN MORPHOLOGY IN *Sorbus aucuparia* Poir. (Rosaceae) USING THE ERDTMAN METHOD**

**Prof. Dr. İsmühan POTOĞLU ERKARA**

Eskişehir Osmangazi University, ismuhan@ogu.edu.tr - ORCID ID/0000-0001-5780-4999

**Doç. Dr. Okan SEZER**

Eskişehir Osmangazi University, oksezer@ogu.edu.tr - ORCID ID/0000-0001-7304-1346

### **ABSTRACT**

In this study, the pollen morphology of *Sorbus aucuparia* Poir. (Rosaceae), used for landscaping purposes in Eskişehir province, has been examined. The pollen samples of the plants were collected from the flowers of trees located in parks and gardens, as well as from dried specimens in the Herbarium of Eskişehir Osmangazi University, Faculty of Science (OUFE). The palyno-morphological characteristics of the taxon were examined under a light microscope. Asetolized pollen grains were prepared according to the Erdtman method for light microscope examinations. Pollen grains of *S. aucuparia* are tricolporatae type and sphaeroidea in shape. The exine exhibits tectatae-striatae-perforatae ornamentation. Taxon differentiations were statistically established as a result of microscopic examinations. Comparisons among the studied taxa will contribute to the taxonomy of *Sorbus* for its classification.

**Keywords:** *Sorbus aucuparia*, pollen morphology, Erdtman, Eskişehir, Türkiye.

### **1. INTRODUCTION**

Palynology plays a crucial role in elucidating the phylogenetic relationships among plant species. Over the years, plant taxonomists have not only relied on morphological, anatomical, and ecological characteristics but have also integrated palynological data into their classification frameworks. Pollen morphology, in particular, has significantly contributed to the refinement of plant family classifications, enhancing the accuracy of taxonomic placement and offering deeper insights into the evolutionary origins of various plant groups.

The classification of pollen grains is primarily based on their shape, structural composition, and the intricate patterns present on the exine, the outermost layer of the pollen wall. Among these,

exine ornamentation is regarded as a highly significant taxonomic trait, providing valuable diagnostic features for distinguishing plant taxa. By analyzing these characteristics, researchers can establish clearer phylogenetic linkages and improve the systematic understanding of plant species [1].

This study focuses on the pollen morphology of *Sorbus aucuparia* Poir. (Rosaceae), a species commonly found in urban parks and gardens in Eskişehir, Turkey. Through detailed palynological examination, the research aims to characterize the pollen grains of this taxon and evaluate their diagnostic features. Ultimately, this study seeks to contribute to the broader field of plant systematics by enhancing the classification accuracy of the species and providing valuable insights into its evolutionary history.

## 2. MATERIALS AND METHODS

### 2.1. Materials

The materials of the study is *Sorbus aucuparia* Poir. (Rosaceae), used for herbal design in the parks in Eskişehir city center. Pollen samples of the plants were obtained from the flowers in the trees located on the parks and gardens. Pollen samples of the investigated taxa were taken from dried plants found in the Herbarium (OUFE) of Osmangazi University Faculty of Science. The examination of current pollen grains under light microscope was done by Erdtman (1969) method [2].

### 2.2. Erdtman Method

The preparations of the pollen taken from the samples were prepared by the method of Erdtman (1969) to be examined under the light microscope. Pollen preparations for the research were prepared by the Acetolysis method (Erdtman). Pollen grains were examined with a Binocular Leitz-Ortholux microscope. Apochromatic oil immersion objective (x90), Micrometric Periplan eyepiece (x10) were used. A spacing of the micrometric ruler was calculated as 0.45  $\mu$ . The measurements of each specialty pollen were measured at least 50 times until the Gaussian curve was obtained, and the pollen with large variations in size were measured at least 100 times. Erdtman revised and re-emerged this method used in the preparation of fresh pollen preparations [2]. It is understood by the treatment process that the herbarium material will be subjected to: The material is passed through a sieve of approximately 0.11 mm<sup>2</sup>, with the help of a small funnel 15 mm. taken into the centrifuge tube. Acetolysis mixture is poured on it; the mixture is 9 volumes of anhydrous acetic acid and 1 volume of concentrated sulfuric acid. The mixture is prepared by adding sulfuric acid dropwise to anhydric acid. (At this time, the



temperature rises to about 70 °C). The acetolysis mixture should be prepared as needed each time. 10 ml for a sample. must be calculated. Centrifuge tubes are slowly heated up to the boiling point of water in a container filled with water. The lid of this container has a hole for each tube and a place in the middle to hold a thermometer. In order for the tubes and the thermometer not to touch the bottom of the container, there is a tripod that carries them. This carrier can carry 4-6-8- or 16 tubes. It is in size and structure. Heating should be done under a hot and each tube should be mixed frequently with a separate glass rod. If a tube is broken during heating or if the mixture in the tube is poured into water, a very strong reaction will occur and it will spray out, so care must be taken. Heating is stopped when the water boils, the tubes are kept in this hot water for 15 minutes. Then it is centrifuged. The speed of the centrifuge should be adjusted to the given speed. In addition, the acetolysis mixture is taken into the collection bottle and poured into a place that will not harm it.

The material that will remain at the bottom of the centrifuge tube is washed with a 3/1 mixture of water and 95% alcohol. The material in this tube is filtered into another tube (B tube) by passing through the aforementioned sieve. The first used tube A is cleaned; The material, which is filtered in the same way for the second time, is taken back to the A tube. It is subjected to centrifugation and the liquid inside is poured out. The tube is closed on the filter paper with its mouth downwards, and it is filtered thoroughly. If necessary, this material is studied under the microscope and it is decided whether to continue the treatment. If it will not be continued, if the pollens are dyed too dark, they are brought to the clarification stage. Some samples are so dark that it is very difficult to study the properties of the exine. In this case, the red light should be used. Because this light penetrates into the exine better than blue, green and violet light and provides a more comfortable view under the microscope.

If the color does not need to be clarified, some (ml) of 50% glycerin is added and shaken. Wait at least 10 minutes (preferably 1 hour or more). It is then centrifuged. Also, if possible, it is left to dry for 24 hours in an oven at 50 °C. If the color of the material needs to be clarified, tube A is filled with distilled water and shaken. Then half or 1/3 of it is quickly emptied into the B tube. Tube B is centrifuged and the liquid is drained. 2 ml in this tube in hot. Add glacial acetic acid and 2-3 drops of saturated sodium chlorate and then 2-3 drops of concentrated hydrochloric acid and mix. The material turns white within one minute by the liberated chlorine. After centrifugation, it is washed with distilled water and subjected to centrifugation. It is filled with distilled water and poured into the A tube. It is ensured to mix thoroughly by shaking. 1 ml.

Shake by adding 50% glycerin. It is kept for not less than 10 minutes. Then it is centrifuged, filtered, and left to dry in an oven at 50 °C for 24 hours.

### 2.3. Making the preparation

The necessary material for this purpose, slide, lamella, 4 cm. a platinum needle, pinset, razor, 22 × 7 or 5 × 5 cm in length and attached to a long handle. It consists of rectangular frames (to put on slides) and backing cards. Backing cards, sides 10 × 15 cm. width, 2.5 cm. These are 'L' shaped cards. They are glued on a large cardboard.

A piece of glycerin-gelatin in the size of a pin head attached to the tip of a platinum needle sterilized by dipping into alcohol or burning, is inserted into the tube taken from the drying cabinet and smeared with the material, and then placed on a clean slide with the help of support cards. The glycerin-gelatin is melted by heating it slowly with a small spirit lamp or a light burner flame. Then, it is tried to spread the material homogeneously by mixing it well on the slide with a platinum needle. Then, when the coverslip is closed, the glycerin-gelatin is 2-3 cm. It is spread in a circle in diameter, the space between the slide and the coverslip is filled with paraffin melt. On the frames, the coverslip is placed down (this is necessary for the detection of pollen close to the coverslip). After a while, paraffin and glycerine-gelatine solidify; overflowing paraffin is scraped off with a razor blade; The preparation is thoroughly cleaned with a damp soft cloth. Finally, the label is attached and the necessary information is noted on it.

The material whose pollen or spores are examined for the treatment to which the fresh material will be subjected is stored in glacial acetic acid and in small tubes. Acid is poured for the preparation and this material is taken into a centrifuge tube and crushed with a glass rod; then proceed as described above.

Diagnosis and counting of pollen were made with Prior binocular microscope. A x 10 eyepiece, x 10 and x 40 plan objective was used for counting, and x 100 plan oil-immersion lens was used for diagnosis. Each range in the ocular micrometer is 0.98 μm.

Microphotographs were taken with Spot In-SIGHT Color Digital camera and Olympus type microscope in Osmangazi University, Faculty of Science and Letters, Department of Biology. The magnifications of the photographs are 10 μm, 25 μm and 100 μm.

Various basic palynological books and various studies have been used for the diagnosis of pollen [2-9].

### 3. RESULTS

Rosaceae is a large and important family that is spread all over the world. They are trees and shrubs with heights ranging from approximately 2 to 60 meters. The family shows great variation in terms of fruit structure. Among them, apples, pears, and apricots have significant economic value. Botanically, the family is recognized by its five-part sepals, numerous stamens, and one or multiple-carpelled ovary. They bloom in spring and summer. They grow in sunny locations and temperate climates. There are species that can grow in all types of soil. They are cultivated individually or in groups in parks, gardens, and orchards. They can be especially used along roads, streets, and avenues. They have a very wide distribution.

**Species:** *Sorbus aucuparia* Poir.

**Pollen Type:** Tricolporatae

**Pollen Shape:** Sphaeroidea P/E= 1,21µm (E)

**Exine:** Average thickness 1,14 µm (E)

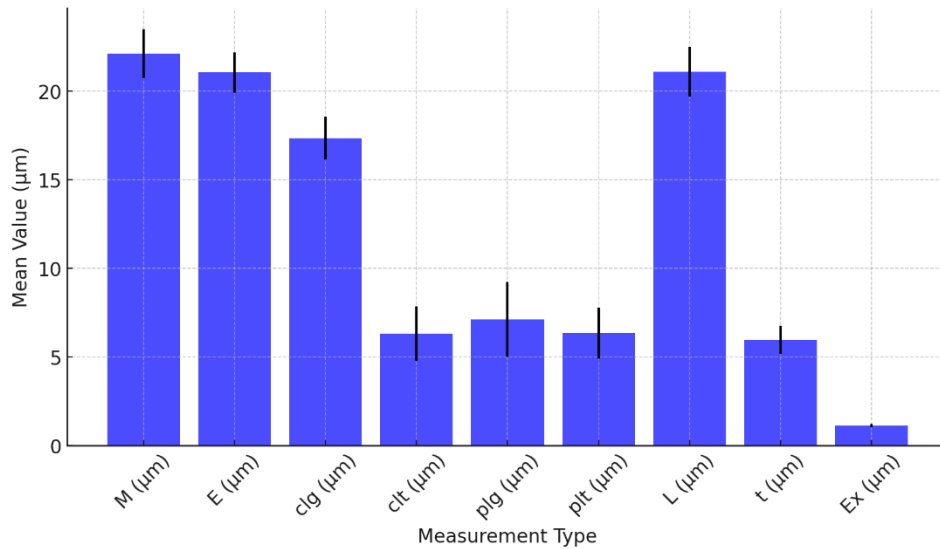
**Aperture:** Colpus broad and long, well-defined, pointed ends. Pores are prominent.

**Structure:** Tectatae

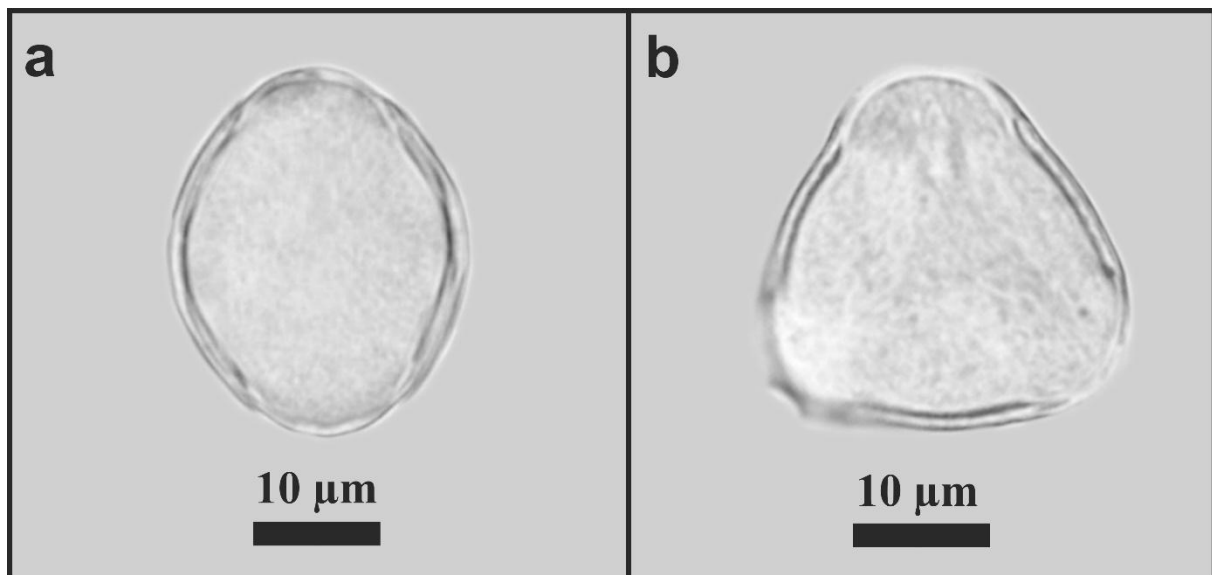
**Sculpture:** Striatae-perforatae

**Table 1. Morfometric Data of *Sorbus aucuparia***

	Erdtman Method		
	M	S	
P	22,13	± 1,38	µm
E	21,06	± 1,14	µm
clg	17,36	± 1,20	µm
clt	6, 32	± 1,54	µm
plg	7,12	± 2,12	µm
plt	6,35	± 1,44	µm
L	21, 10	± 1,42	µm
t	5,96	± 0,80	µm
i	-	-	µm
Ex	1,14	± 0,10	µm



**Figure 1. Morfometric Data of *Sorbus aucuparia***



**Figure 2. LM a: Equatorial view (W), b: Polar view (W)**

#### 4. DISCUSSION

The Rosaceae family is a large and diverse group of flowering plants comprising approximately 90 genera and over 4,800 species, widely distributed across temperate regions [10]. This family is characterized by its varied floral morphology, typically featuring five-petaled flowers, numerous stamens, and a superior or inferior ovary, often associated with hypanthium formation [11]. The family exhibits substantial variation in fruit types, including drupes, pomes, achenes, and aggregates, which contribute to its taxonomic complexity [12].

Within Rosaceae, the *Sorbus* genus is a significant member belonging to the subfamily Amygdaloideae, tribe Maleae. *Sorbus* species are mainly recognized for their compound pinnate leaves, corymbose inflorescences, and fleshy pome fruits, distinguishing them from

other rosaceous taxa such as *Prunus* (with drupaceous fruits) and *Rosa* (characterized by achene fruits within a hypanthium) [13]. Additionally, *Sorbus* taxa often exhibit apomixis and polyploidy, which contribute to their complex speciation patterns and make their classification challenging [14]. These unique morphological and reproductive traits set *Sorbus* apart within the Rosaceae family, highlighting its distinct taxonomic identity.

This study highlights the significance of palynological analysis in the taxonomic classification of *Sorbus aucuparia* Poir. (Rosaceae). The examination of pollen morphology using the Erdtman method provided valuable insights into the structural characteristics of pollen grains, including their tricolporate nature, sphaeroidal shape, and tectatae-striatae-perforatae exine ornamentation. These distinctive features serve as key diagnostic criteria for distinguishing *S. aucuparia* from other taxa within Rosaceae. The statistical differentiation of pollen traits further strengthens the systematic placement of the species and enhances the precision of its classification. By integrating palynological data into plant taxonomy, this research contributes to a more comprehensive understanding of the evolutionary relationships within the *Sorbus* genus. Future studies incorporating molecular and ecological data could provide additional perspectives on the phylogenetic positioning of *S. aucuparia* and its related taxa.

## REFERENCES

- [1] Erdtman, G., & Schmid, R. (1987). Pollen morphology and plant taxonomy. Angiosperms. (An introduction to palynology. I.) *Taxon*, 36, 779.
- [2] Erdtman, G. (1969). *Handbook of Palynology Morphology, Taxonomy, Ecology. An Introduction to the Study of Pollen Grains and Spores.* Hafner Pub. New York.
- [3] Kuprianova, A. (1967). Apertures of pollen grains and their evolution in Angiosperms. *Paleobot. Playnology*, 3. [https://doi.org/10.1016/0034-6667\(67\)90041-3](https://doi.org/10.1016/0034-6667(67)90041-3)
- [4] Aytuğ, B., Aykut, S., Merev, N. and Edis, G., İstanbul Çevresi Bitkilerinin Polen Atlası. İ. Ü. Yayın No:1650, O.F. Yayın no:174, 1971.
- [5] Charpin, J., Surinyach, R. and Frankland A. W., *Atlas of European allergenic pollens.* Sandoz Editions, Paris, pp. 20-23, 1974.
- [6] Faegri, K. and Iversen, J., *Textbook of pollen-analysis.* 3rd edition. Munksgaard, Copenhagen, 1975.
- [7] Moore, P. D., Webb, J. A. and Collinson, M. E., *Pollen analysis.* Oxford Blackwell Scientific Publications, London, pages: 110-112, 1991.

- [8] Walker, J. W. (1974a). Evolution of exine structure in the pollen of primitive Angiosperms. *Am J Bot*, 61. <https://doi.org/10.1002/j.1537-2197.1974.tb12315.x>
- [9] Walker, J.W. (1974b). Aperture evolution in the pollen of primitive Angiosperms. *Am J Bot*, 61.
- [10] Potter, D., Eriksson, T., Evans, R. C., Oh, S., Smedmark, J. E., Morgan, D. R., ... & Campbell, C. S. (2007). Phylogeny and classification of Rosaceae. *Plant Systematics and Evolution*, 266(1), 5-43.
- [11] Zhang, S. D., Soltis, D. E., Yang, Y., Li, D. Z., & Yi, T. S. (2017). Multi-gene phylogeny of Rosaceae revisited with improved sampling and data analysis. *Molecular Phylogenetics and Evolution*, 107, 191-205.
- [12] Robertson, K. R., Phipps, J. B., Rohrer, J. R., & Smith, P. G. (1991). A synopsis of genera in Maloideae (Rosaceae). *Systematic Botany*, 16(2), 376-394.
- [13] Campbell, C. S., Evans, R. C., Morgan, D. R., Dickinson, T. A., & Arsenault, M. P. (2007). Phylogeny of subtribe Pyrinae (formerly the Maloideae, Rosaceae): Limited resolution of a complex evolutionary history. *Plant Systematics and Evolution*, 266(1), 119-145.
- [14] Sennikov, A. N., & Kurto, A. (2017). A phylogenetic checklist of *Sorbus* s.l. (Rosaceae) in Europe. *Memoirs of the Botanical Survey of Finland*, 101, 1-174.

## INVESTIGATIONS OF POLLEN MORPHOLOGY IN *Diospyros lotus* L. (Ebenaceae) TAXON GROWING IN ESKİŞEHİR USING SCANNING ELECTRON MICROSCOPY (SEM) METHOD

**Doç. Dr. Okan SEZER**

Eskişehir Osmangazi University, oksezer@ogu.edu.tr - ORCID ID/0000-0001-7304-1346

**Prof. Dr. İsmühan POTOĞLU ERKARA**

Eskişehir Osmangazi University, ismuhan@ogu.edu.tr - ORCID ID/0000-0001-5780-4999

### ABSTRACT

The pollen morphology of *Diospyros lotus* L. (Ebenaceae) used for landscaping purposes in Eskişehir province, was examined using scanning electron microscope microphotographs. Pollen samples of the plants were collected from flowers of trees in parks and gardens, as well as from dried plants found in the Osmangazi University Faculty of Science Herbarium (OUFE). The examined *D. lotus* pollen grains are tricolporatae type and sphaeroidea in shape. The exine ornamentation was determined to be tectatae-reticulatae-perforatae. Taxonomic distinctions among the taxa were statistically determined through the conducted examinations. The data obtained in this study will contribute to the taxonomy of *Diospyros* taxa.

**Anahtar Kelimeler:** *Diospyros lotus*, pollen morphology, SEM, Eskişehir, Türkiye.

### 1. INTRODUCTION

Palynology, the study of pollen and spores, plays a crucial role in plant systematics by providing valuable morphological and ultrastructural characteristics for taxonomic classification and phylogenetic studies. The detailed analysis of pollen grains enables researchers to determine evolutionary relationships among plant species, supporting the construction of phylogenetic trees and systematic classifications. Recent advancements have demonstrated that pollen morphology provides essential data for distinguishing plant taxa, particularly in complex groups where traditional morphological traits are insufficient [1]. Additionally, palynological characteristics contribute to understanding the historical biogeography and diversification of plants, offering insights into both extant and fossil plant lineages [2]. The application of

palynology in plant systematics has proven especially valuable in the identification of cryptic species, refinement of classification systems, and the reconstruction of past vegetation patterns [3]. These contributions highlight the significance of palynology as an indispensable tool in botanical research and systematic taxonomy.

Scanning Electron Microscopy (SEM) plays a crucial role in palynology by providing high-resolution images of pollen grains, enabling detailed morphological and ultrastructural analyses. Unlike light microscopy, which has limitations in resolving fine surface details, SEM allows researchers to examine intricate exine ornamentation, aperture structure, and pollen wall stratification with remarkable clarity. Key palynological features studied using SEM include the shape and size of pollen grains, the surface sculpturing of the exine (e.g., reticulate, striate, perforate patterns), aperture types (colpate, porate, colpate), and the presence of spines or other specialized structures. These characteristics are essential for plant systematics, as they help distinguish taxa at the genus and species levels, facilitate phylogenetic studies, and contribute to understanding plant-pollinator interactions and evolutionary adaptations. By revealing the fine structural differences among pollen grains, SEM significantly enhances the accuracy of taxonomic classifications and supports ecological and paleoenvironmental reconstructions [4-6]. In this study conducted in Eskişehir parks and gardens, the pollen grains of *Diospyros lotus* L. (Ebenaceae) were determined and their morphological characteristics were determined. In this study, it is aimed to shed light on plant systematics.

## 2. MATERIALS AND METHODS

The materials of the study is *Diospyros lotus* L. taxon, used for herbal design in the parks in Eskişehir city center. Pollen samples of the plants were obtained from the flowers in the trees located on the parks and gardens. Pollen samples of the investigated taxa were taken from dried plants found in the Herbarium (OUFE) of Osmangazi University Faculty of Science. The examination of current pollen grains under SEM microscope was done. Morphological examinations of the pollen grains were done under Nikon binocular microscope, oil immersion objective (x100). 50 times measurements were made for all parameters to determine the average values. Each range in the ocular micrometer is 0.98 µm. Microphotographs were taken with SEM in Eskişehir Osmangazi University. For Scanning electron microscopy (SEM) examinations, unacetholyzed pollen grains were placed on the fixing plate and covered with gold and examined under Jeol 5600 LV Scanning electron microscope (SEM) [14; 15]. Various basic palynological books and various studies have been used for the diagnosis of pollen [7-15].



### 3. RESULTS

Ebenaceae is a deciduous tree of Asian origin that can grow up to approximately 10 meters tall. The trees are unisexual, and their leaves are elliptical with pointed tips. The flowers are small, sessile, reddish or greenish-white, bell-shaped, and have hairy lobes. The fruit is 15-20 mm in diameter, yellow or dark purple with a fuzzy texture. It grows in sunny locations, humid, and temperate climates. It can easily adapt to all types of soil. It can be propagated by seeds. It can be used individually or in groups in parks and gardens. Its native regions are Türkiye, Iran, Afghanistan, the Caucasus, Japan, and China.

**Species:** *Diospyros lotus* L. (Ebenaceae)

**Pollen Type:** Tricolporatae

**Pollen Shape:** Sphaeroidea

**Exine:** Average thickness 1,22  $\mu\text{m}$  (W)

**Aperture:** Colpus broad and long, well-defined, pointed ends. Pores are prominent.

**Structure:** Tectatae

**Sculpture:** Reticulatae-perforatae

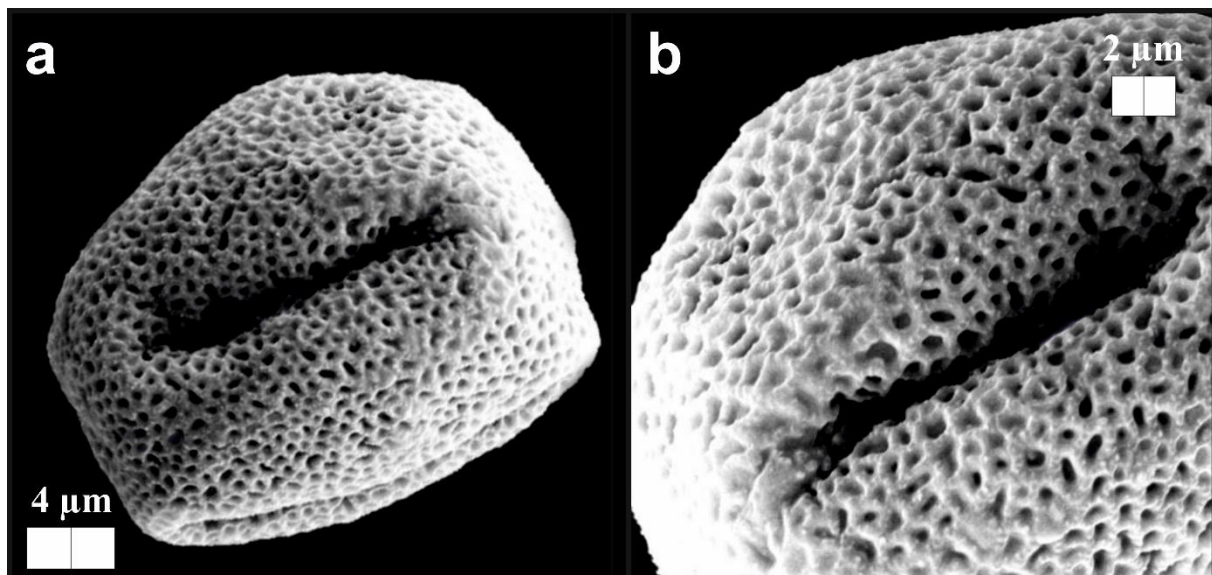


Figure 1. SEM microphotographs of *Diospyros lotus* (a. Equatorial view, b. Exine ornamentation)

### 4. DISCUSSION

In this study, pollen morphology of *Diospyros lotus* taxon grown in parks and gardens in Eskişehir was studied at the level of light microscopy and scanning electron microscopy.

The Ebenaceae family, commonly known as the ebony family, comprises mostly tropical and subtropical trees and shrubs. It is primarily represented by the genus *Diospyros*, which is the largest and most diverse genus within the family, containing approximately 485 species distributed globally, with the highest diversity in tropical regions [16]. Phylogenetic studies using plastid DNA sequences have confirmed the monophyly of *Diospyros* and highlighted its complex biogeographic history, including multiple colonization events in different regions [17]. Recent genomic analyses have provided insights into the evolutionary adaptations of *Diospyros*, revealing highly conserved plastomes and specific mutational hotspots that contribute to its genetic diversity [18]. These findings reinforce the significance of *Diospyros* as the central genus within Ebenaceae, playing a crucial role in both ecological and economic contexts due to its valuable timber (ebony) and fruit (persimmon).

Palynological studies have played a significant role in refining the classification of the *Diospyros* genus within the Ebenaceae family. Detailed pollen morphology analysis has revealed diverse structural variations, including differences in size, aperture morphology, and sexine ornamentation, which serve as key diagnostic features for distinguishing species and resolving phylogenetic relationships [19]. Palynological synapomorphies have been identified at multiple taxonomic levels, reinforcing the monophyly of the *Diospyros* genus and supporting its subdivision into various evolutionary lineages [20]. Additionally, evolutionary mapping of pollen traits has provided insights into historical diversification patterns and adaptation to different ecological niches, further validating the systematic placement of *Diospyros* within Ebenaceae [17]. These findings underscore the crucial role of palynological research in enhancing the taxonomic framework and phylogenetic understanding of *Diospyros*.

## REFERENCES

- [1] Davis, A., & Furness, C. (2001). Nordenstam B, El-Ghazaly G, Kassas M, eds. 2000. Plant systematics for the 21st century. 366 pp. London: Portland Press.£ 75 (hardback). *Annals of Botany*, 87(4), 549-550.
- [2] Simpson, M. G. (1993). *Palynology: Pollen and Spores. Patterns of Diversification*. S. Blackmore and SH Barnes, Eds. Clarendon (Oxford University Press), New York, 1992. xii, 391 pp., illus. \$120. Systematics Association Special Volume 44. From a symposium, London, March 1990. *Science*, 259(5095), 702-702.
- [3] Kanwal, K., Zafar, M., Ahmad, M., Alwahibi, M. S., Elshikh, M. S., Makhkamov, T., ... & Fayziev, V. (2024). Exploring the micromorphological diversity of palynomorphic

- flora from lesser Himalaya biodiversity hotspot. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*, 52(2).
- [4] Heywood, V. H. (1969). Scanning electron microscopy in the study of plant materials. *Micron* (1969), 1(1), 1-14.
- [5] Muir, M. D. (1970). Scanning electron microscopy in palynology. *Review of Palaeobotany and Palynology*, 10(2), 85-97.
- [6] Blackmore, S. (1992). Scanning electron microscopy in palynology. *Erdtman's Handbook of Palynology*, edition, 2, 403-431.
- [7] Erdtman, G. (1969). *Handbook of Palynology Morphology, Taxonomy, Ecology. An Introduction to the Study of Pollen Grains and Spores.* Hafner Pub. New York.
- [8] Woodehouse, R.P. (1935). *Pollen grains, their structure, identification and significance in medicine.* New York: Hafner, New York, 574.
- [9] Kuprianova, A. (1967). Apertures of pollen grains and their evolution in Angiosperms. *Paleobot. Playnology*, 3: 73-80.
- [10] Aytuğ B., Aykut, S., Merev, N., Edis, G. (1971). *İstanbul Çevresi Bitkilerinin Polen Atlası.* İ. Ü. Yayın No:1650, O.F. Yayın no:174.
- [11] Charpin, J., Surinyach, R., Frankland AW. (1974). *Atlas of European allergenic pollens.* Sandoz Editions, Paris, pp. 20-23.
- [12] Faegri, K., Iversen, J. (1975). *Textbook of pollen-analysis.* 3rd edition. Munksgaard, Copenhagen.
- [13] Moore, P.D., Webb, J.A., Collinson, M.E. (1991). *Pollen analysis.* Oxford Blackwell Scientific Publications, London, pages: 110-112.
- [14] Walker, J.W. (1974a). Evolution of exine structure in the pollen of primitive Angiosperms. *Am J Bot* 61: 891-902.
- [15] Walker, J.W. (1974b). Aperture evolution in the pollen of primitive Angiosperms. *Am J Bot* 61: 1112-1137.
- [16] Liu, W. W., Tan, X., Zhao, K. K., Zhu, Z., & Wang, H. F. (2018). Complete plastome sequences of *Diospyros maclurei* Merr. and *Diospyros hainanensis* Merr. (Ebenaceae): Two endemic species in Hainan Province, China. *Mitochondrial DNA Part B: Resources*, 3(2), 1205-1207.
- [17] Duangjai, S., Samuel, R., Munzinger, J., Forest, F., Wallnöfer, B., Barfuss, M., Fischer, G., & Chase, M. (2009). A multi-locus plastid phylogenetic analysis of the pantropical genus *Diospyros* (Ebenaceae), with an emphasis on the radiation and biogeographic

origins of the New Caledonian endemic species. *Molecular Phylogenetics and Evolution*, 52(3), 602-620.

- [18] Huang, Y., Ma, Q., Sun, J., Zhou, L. N., Lai, C. J., Li, P., Jin, X., & Zhang, Y. H. (2023). Comparative analysis of *Diospyros* (Ebenaceae) plastomes: Insights into genomic features, mutational hotspots, and adaptive evolution. *Ecology and Evolution*, 13, e10301.
- [19] Geeraerts, A., Raeymaekers, J., Vinckier, S., Pletsers, A., Smets, E., & Huysmans, S. (2009). Systematic palynology in Ebenaceae with focus on Ebenoideae: Morphological diversity and character evolution. *Review of Palaeobotany and Palynology*, 153, 336-353.
- [20] Samuel, R., Turner, B., Duangjai, S., Munzinger, J., Paun, O., Barfuss, M. H., & Chase, M. W. (2019). Systematics and evolution of the Old World Ebenaceae, a review with emphasis on the large genus *Diospyros* and its radiation in New Caledonia. *Botanical Journal of the Linnean Society*, 189(2), 99-114.

## CALIPSO AEROSOL OBSERVATIONS OVER ALBANIA AND THE ADRIATIC SEA

Gladiola Malollari<sup>1</sup>, and Seit Shallari<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Agricultural University of Tirana, Tirana, Albania, 0009-0001-9407-1314

### ABSTRACT

Aerosols in the atmosphere play a crucial role in the global radiation budget, influence cloud properties, and affect environmental quality. Emitted from various natural and anthropogenic sources, aerosol particles can be transported vertically and horizontally. Spaceborne lidar observations provide extensive spatial coverage and enable long-term aerosol monitoring, which is crucial for aerosol climatology studies. The Cloud-Aerosol Lidar with Orthogonal Polarization (CALIOP) aboard CALIPSO (Cloud-Aerosol Lidar and Infrared Pathfinder Satellite Observations), operational since June 2006 until August 2023, facilitates long-term analysis of aerosol optical properties. In this study, a 15-year aerosol analysis using CALIPSO observations is conducted. The aerosol extinction coefficient at 532 nm and its standard deviations are shown for summer and winter across three altitude ranges within the troposphere. Additionally, a 10-year HYSPLIT 5-day back trajectory cluster analysis is presented for summer and winter at an altitude of 2 and 5 km, providing insights into aerosol transport patterns.

**Keywords:** CALIPSO, extinction coefficient, backward trajectories, aerosol climatology

### 1. INTRODUCTION

Aerosol properties and global distribution are of great importance in modeling the global climate system and predicting climate change [1]. Monitoring the vertical distribution of the aerosol extinction coefficient provides insights into pollutant transport, seasonal variations, and atmospheric processes [2]. The extinction coefficient is essential for radiative transfer and determining the lidar ratio, which in turn enables aerosol typing. Its conversion allows retrieval of the microphysical properties of aerosol particles, such as pure dust, smoke, or urban pollution. Vertical extinction profiles help interpret seasonal surface PM<sub>2.5</sub> changes and estimate wildfire smoke injection heights [3].

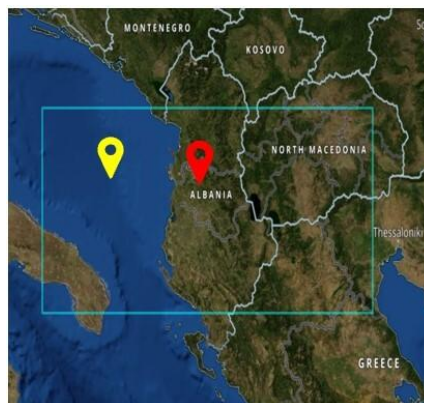
To study the seasonal and interannual variability of aerosol vertical distribution, we used the CALIOP (Cloud-Aerosol Lidar with Orthogonal Polarization) Level 3 product. This work incorporates globally gridded monthly nighttime aerosol extinction profiles from CALIPSO (Cloud-Aerosol Lidar and Infrared Pathfinder Satellite Observations). We analyzed the interannual variation of extinction during summer and winter over Albania and the Adriatic Sea using CALIPSO Level 3 cloud-free data.

## 2. DATA AND METHODS

CALIOP (Cloud-Aerosol Lidar with Orthogonal Polarization) is a two-wavelength (532 and 1064 nm) elastic backscatter lidar that provides high-resolution vertical profiles of aerosols and clouds [1]. It was aboard the CALIPSO (Cloud-Aerosol Lidar and Infrared Pathfinder Satellite Observations) satellite and operated from June 2006 to August 2023. During this period, CALIOP was the only space-based lidar capable of observing and reporting the global vertical distribution of aerosol spatial and optical properties [4].

A monthly global gridded dataset of daytime and nighttime aerosol extinction profiles has been developed and is available as a Level 3 aerosol product [5]. These data are available from the Atmospheric Science Data Center (ASDC) located at the National Aeronautics and Space Administration (NASA) Langley Research Center (LaRC) [4]. CALIOP products have a vertical resolution of 60 m, a horizontal resolution of 5 km, and a temporal resolution of 16 days [3].

For this study, we utilize averaged tropospheric aerosol profiles under cloud-free conditions from the Level 3 dataset. These products are derived from version 4.2 Level 2 data, ensuring the highest quality [6]. Since the CALIPSO Level 3 dataset provides globally gridded extinction coefficients with a spatial resolution of  $2^\circ \times 5^\circ$  (latitude-longitude), our study area extends to the Adriatic Sea and North Macedonia, with a central focus on Albania (blue square on the Figure 1).



**Figure 1:** Spatial constraints of CALIPSO extinction products. Red and yellow markers indicate the endpoints of air mass backward trajectories.

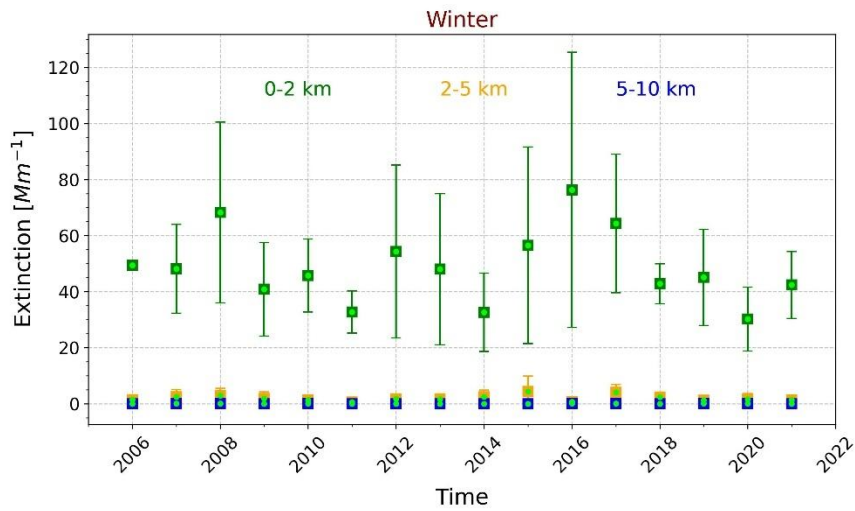
Aerosol extinction products correspond to the area within the blue rectangle, where extinction coefficient values represent the mean of all observations within this region. The red and yellow markers indicate the endpoints of air mass trajectories, generated using the HYSPLIT (Hybrid Single-Particle Lagrangian Integrated Trajectory) model.

## 3. RESULTS AND DISCUSSION

### 3.1 Calipso

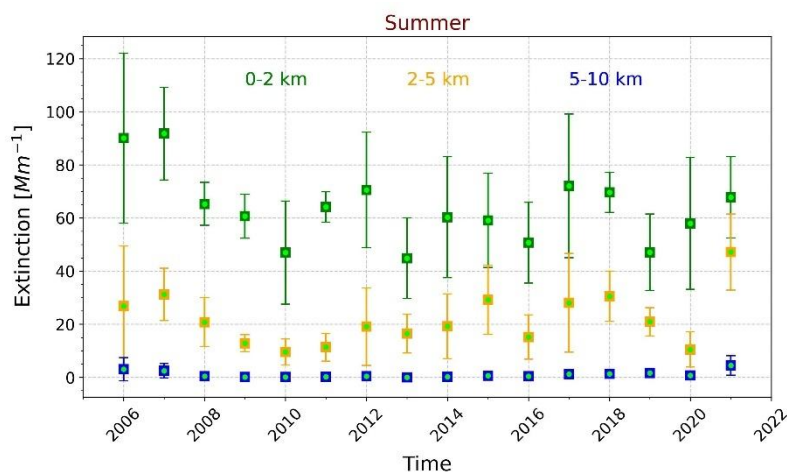
Figures 2 and 3 shows the aerosol extinction coefficient values observed with the CALIPSO lidar for the summer and winter seasons from 2006 to 2021. The extinction coefficient is shown for three different height intervals. The extinction value for a specific year and interval represents the mean of the extinction profile within that interval. In both winter and summer,

aerosols are predominantly concentrated within the first 2 km of the troposphere, where anthropogenic and local activities are the main contributors.



**Figure 2.** The extinction coefficient values observed during winter (December, January, and February) by CALIPSO from 2006 to 2021 are plotted for three height intervals: 0-2 km (green squares), 2-5 km (orange squares), and 5-10 km (blue squares). Error bars denote the standard deviations.

During winter, the aerosol extinction coefficient ranges between 30 and 75  $Mm^{-1}$ , with most aerosols observed between the ground and 2 km height. The large standard deviation in winter 2016 indicates significant variability across the winter months (December, January, and February). Over the 15 years, aerosol load is negligible at 2-5 km and 5-10 km heights.



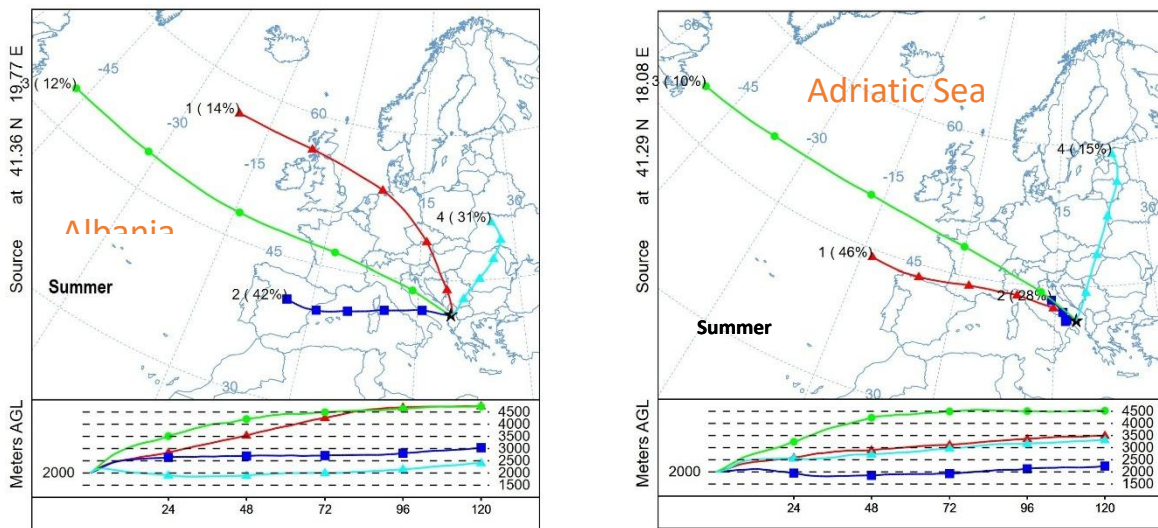
**Figure 3.** Same as in Figure 2, except for the summer (June, July, and August).

In the summer seasons, the maximum extinction coefficient of approximately 90  $Mm^{-1}$  was recorded in 2006 and 2007. From 2008 to 2021, the coefficient varied between 45 and 75  $Mm^{-1}$ , with the lowest recorded in 2013. In contrast to winter, where aerosol load at 2-5 km is almost zero, the summer shows a mean extinction coefficient of about 20  $Mm^{-1}$  at that height. Notably,

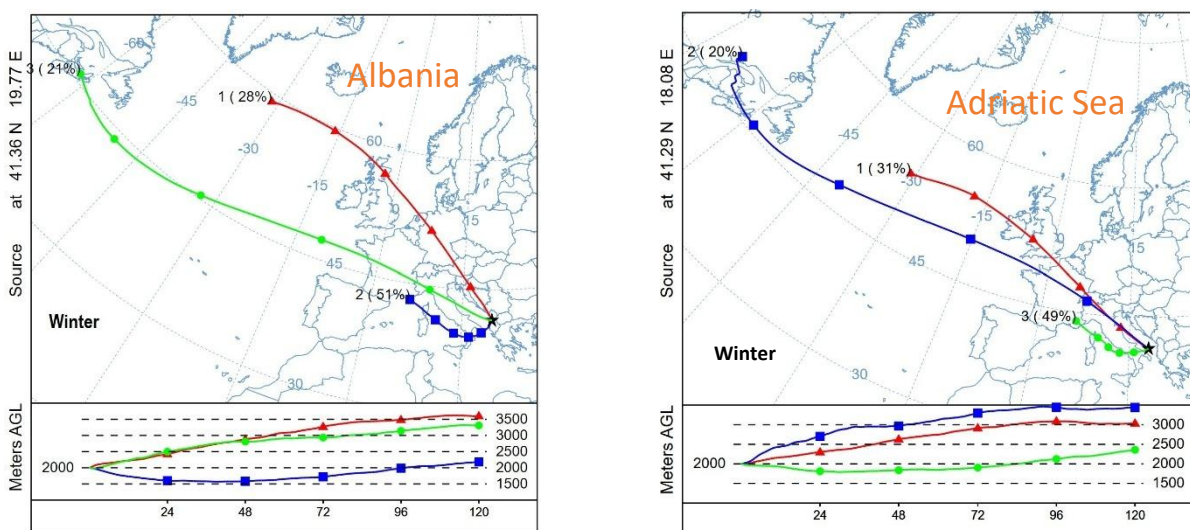
in 2021, a higher extinction coefficient (around 50 Mm<sup>-1</sup>) was observed, likely due to an extreme dust outbreak or long-range transported wildfire smoke. This enhanced extinction coefficient is also observed at the 5-10 km height.

### 3.2 Cluster analysis

Air mass 5-day backward trajectory clusters, generated using HYSPLIT, are shown in Figures 4 and 5. As seen in Figure 3, different air mass pathways reaching Albania and the Adriatic Sea are observed during the summer. These include air masses coming from Western and Eastern Europe, with Western Europe being the largest contributor. An additional air mass transport route reaching the Adriatic Sea is also observed, where the air mass is slowly transported locally within the sea, likely carrying marine aerosols.



**Figure 4:** 120-hour backward air mass clusters reaching Tirana, Albania (left panel), and the Adriatic Sea (right panel) at 2 km height during the summer.



**Figure 5:** Same as in Figure 3, except for the winter.



During the winter, the main air mass transport occurs from Western Europe towards Albania and the Adriatic Sea. The largest contribution comes from the south of Italy, where air mass transport is slow, allowing pollution to accumulate along the way.

## REFERENCES

- [1] D. M. Winker *et al.*, “The CALIPSO Mission,” Sep. 2010, doi: 10.1175/2010BAMS3009.1.
- [2] M. Kocifaj, F. Kundracik, S. Bará, and J. Barentine, “Vertical distribution of aerosol extinction coefficients at night derived from radiometry of scattered laser light,” *Atmospheric Environment*, vol. 297, p. 119599, Mar. 2023, doi: 10.1016/j.atmosenv.2023.119599.
- [3] J. L. Tackett, D. M. Winker, B. J. Getzewich, M. A. Vaughan, S. A. Young, and J. Kar, “CALIPSO lidar level 3 aerosol profile product: version 3 algorithm design,” *Atmospheric Measurement Techniques*, vol. 11, no. 7, pp. 4129–4152, Jul. 2018, doi: 10.5194/amt-11-4129-2018.
- [4] M.-H. Kim *et al.*, “The CALIPSO version 4 automated aerosol classification and lidar ratio selection algorithm,” *Atmospheric Measurement Techniques*, vol. 11, no. 11, pp. 6107–6135, Nov. 2018, doi: 10.5194/amt-11-6107-2018.
- [5] D. M. Winker, J. L. Tackett, B. J. Getzewich, Z. Liu, M. A. Vaughan, and R. R. Rogers, “The global 3-D distribution of tropospheric aerosols as characterized by CALIOP,” *Atmospheric Chemistry and Physics*, vol. 13, no. 6, pp. 3345–3361, Mar. 2013, doi: 10.5194/acp-13-3345-2013.
- [6] H. Pan, J. Huang, K. R. Kumar, L. An, and J. Zhang, “The CALIPSO retrieved spatiotemporal and vertical distributions of AOD and extinction coefficient for different aerosol types during 2007–2019: A recent perspective over global and regional scales,” *Atmospheric Environment*, vol. 274, p. 118986, Apr. 2022, doi: 10.1016/j.atmosenv.2022.118986.

## VARIATIONS IN SOME GROWTH CHARACTERISTICS IN A SEED COLLECTION AREA OF TAURUS CEDAR

**Prof. Dr. Nebi BİLİR**

Isparta University of Applied Sciences,  
[nebibilir@isparta.edu.tr](mailto:nebibilir@isparta.edu.tr)- 0000-0001-9911-4304

### ABSTRACT

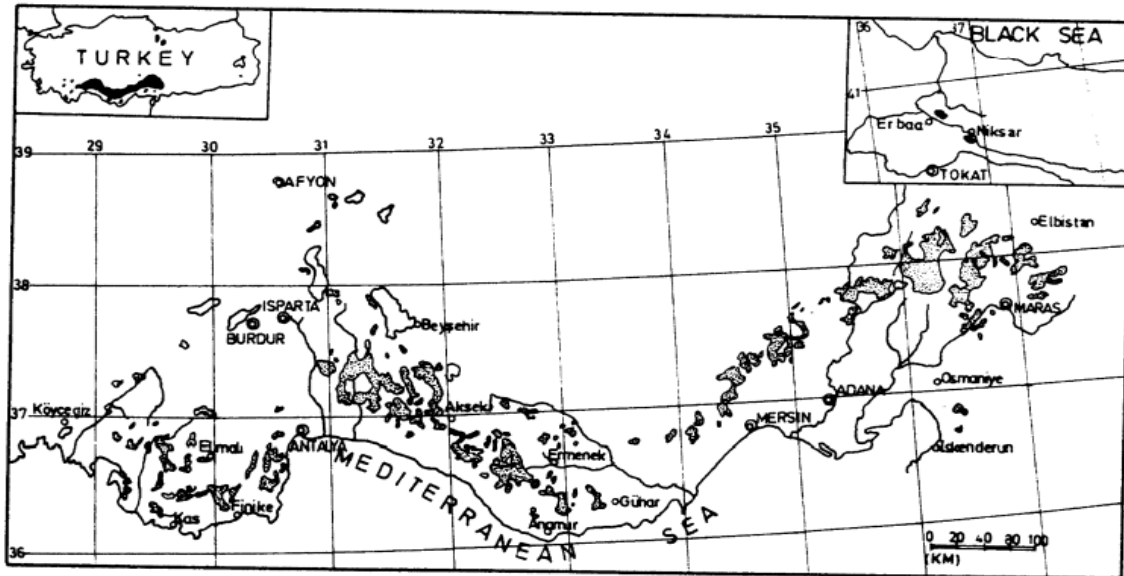
Seed collection areas are very specific populations in forestry practices. Variations in tree height and diameters of at base and breast height, crown diameter and age were examined in a seed collection area of Taurus cedar (*Cedrus libani* A. Rich.) by 50 trees sampled randomly to contribute forestry practices in these areas.

Averages of tree height, diameters at base and breast height were 20.5 m, 75.7 cm and 66.3 cm, while they were 8.9 m and 135 years ranged from 64 years to 204 years for crown diameter and age, respectively. Sampled trees showed variation for the characteristics. Coefficient variation was varied between 17.0% (tree height) and 24.8% (diameter at breast height). Mostly positive and significant ( $p < 0.05$ ) correlations among the characteristic were calculated by correlation analysis. However, age was the better character to estimate the other characteristics.

**Keywords:** Population, seed, correlation, variation.

### 1. INTRODUCTION

Taurus cedar or also called cedar of Lebanon (*Cedrus libani* A. Rich) grows up to 40 m height and 2 m diameter, and more than 1000 years [1]. The species is an important forest tree species because of its valuable wood product and social-cultural importance [2]. It has the largest natural distribution mainly on the Taurus Mountains in southern Turkey by 0.5 million ha which of 0.1 million ha is unproductive in total 23.4 million ha forest area of Turkey [3]. Taurus cedar is used plantation widely in Turkish forestry [4] because of its classification as one of the economically important species for Turkish forestry and the “National Tree Breeding and Seed Production Programme” [2]. It grows naturally mainly on the Taurus Mountains of southern Turkey, together with some local populations in other parts of Anatolia such as and in the Black Sea region (Çatalan-Erbaa and Akincikoy-Niksar) in whole the world. The species occurs generally between 800 and 2100 m elevation. It can be found at lower (500-600 m) and higher (2400 m) elevations as small populations or small groups and individuals [1,5] (Figure 1).



**Figure 1.** Natural distribution of Taurus cedar

Selected or established seed sources play important role in sustainability and conversion of unproductive forest to productive forest. The species has 9 seed orchards and at 60.55 ha, and 22 seed stands at 3437.8 ha. [6] selected from natural forests phenotypical and geographic characteristics (i.e., tree height, diameter, age, stem straight, altitude, area, aspect, etc.) [7]. They are also specific seed collection areas in forestry practices.

Variations in growth characteristics (tree height, diameters of at base and breast height, crown diameter, and age) were examined in a seed collection area of Taurus cedar to contribute forestry practices of the species in this study.

## 2. MATERIAL AND METHOD

In this study, tree height (**TH**) and diameter at base (**D<sub>0</sub>**), diameters of at breast height (**D<sub>1.30</sub>**), crown diameter (**CD**), and age (**A**) were measured in 50 trees selected randomly from a natural seed collection areas (37°53' latitude, 31°18' longitude at between 1550-1650 m) (Figure 2).

The data was performed at at SPSS [8] package. Phenotypic correlations ( $r_p$ ) among the characteristics were estimated at SPSS [8] as [9]:

$$r_p = \frac{COV_{f(x,y)}}{\sqrt{\sigma^2_{f(x)}} \sqrt{\sigma^2_{f(y)}}} \quad (1)$$

Where  $COV_{f(xy)}$  is the phenotypic covariance between characteristics x and y,  $\sigma^2_{f(x)}$  and  $\sigma^2_{f(y)}$  are the phenotypic variances for characteristics x and y, respectively.



**Figure 2.** Sampled area

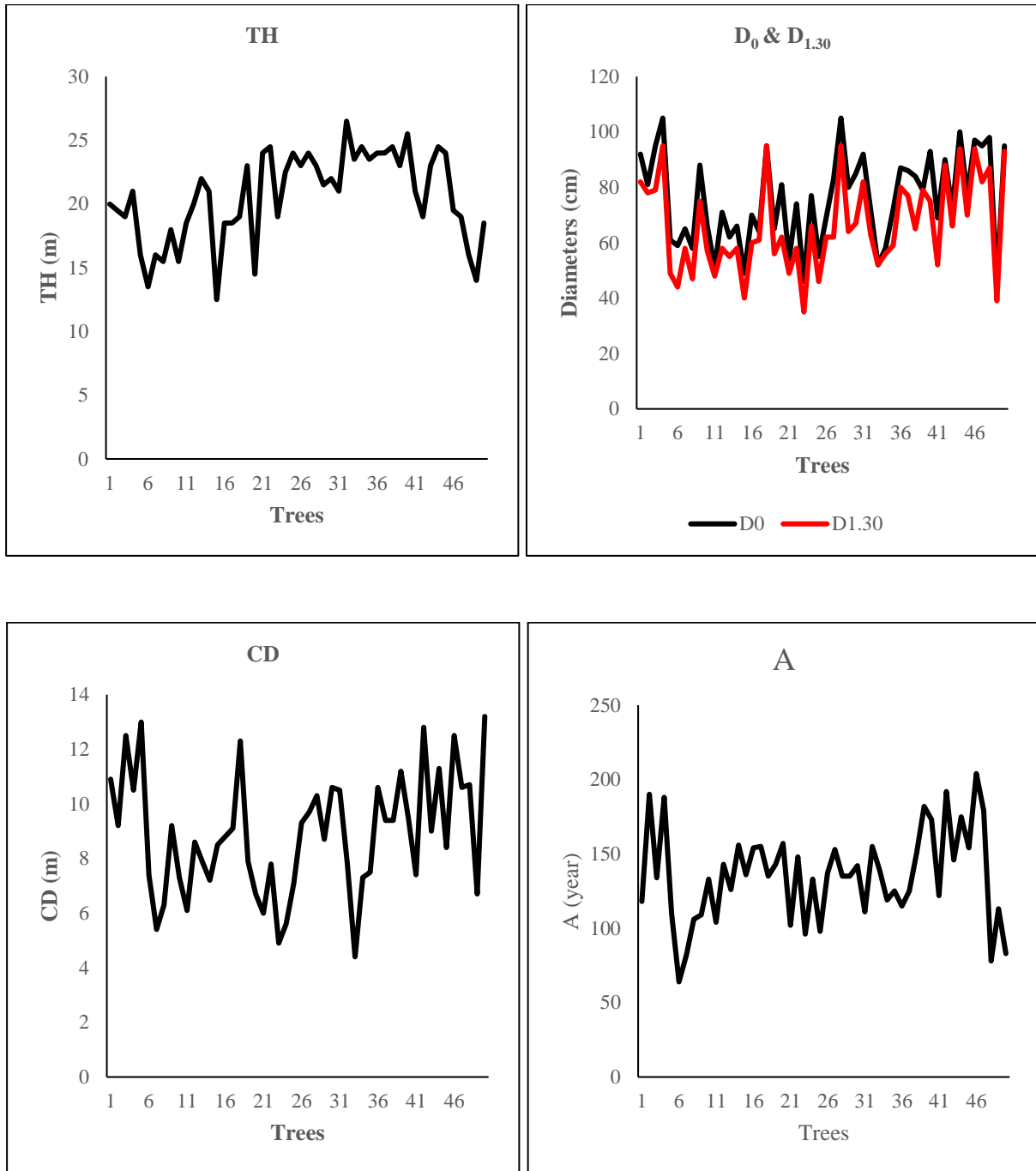
### 3. RESULTS AND DISCUSSION

#### 3.1. Characteristics

Averages, ranges and coefficient of variations (CV) of the characteristics were given in Table 1. While individual trees showed large differences for the characteristics (Figure 2), coefficient of variations was lower than 25% (Table 1). For instance, average of three height ranged from 12.5 m to 26.5 m was 20.6 m, and also average age was 135 varied between 64 and 204 years (Table 1). Similar variations were found in natural seed collection areas of the species [10]. They were reported 109.5 year for age, 39.9 m for height and 22.3 cm for diameter at breast height, while the stands showed large differences for the characteristics. Ages of the stands varied between 53 years and 150 years [10]. Rotation age of the species was 120 years [1]. However, 66% of the sampled trees was more than 120 years in the study. They could be removed from the seed collection areas by forest tending. Relations between seed production and growth characteristic should be also suggested in seed collection areas of the species.

**Table 1.** Averages, ranges, and coefficient of variations (CV) for the characteristics

<b>Characters</b>	<b>TH (m)</b>	<b>D<sub>0</sub> (cm)</b>	<b>D<sub>1.30</sub> (cm)</b>	<b>CD (m)</b>	<b>A (year)</b>
<b>Average</b>	20.6	75.7	66.3	8.9	135.3
<b>Range</b>	12.5-26.5	14.0-105.0	35.0-95.0	4.4-13.2	64-204
<b>CV %</b>	17.0	21.6	24.8	24.7	23.1



**Figure 3.** Individual characteristics in the area

### 3.2. Correlations

According to results of correlation analysis, generally positive and significant ( $p < 0.05$ ) relations among the characteristic were found (Table 2). Similar correlations were found in natural and artificial populations of Taurus cedar [10,11,12]. The results could be used for future forestry practices in seed collection areas and other areas of the species.

**Table 2.** Relations among the characteristics

<i>r</i>	<b>TH</b>	<b>D<sub>0</sub></b>	<b>D<sub>1.30</sub></b>	<b>CD</b>
<b>D<sub>0</sub></b>	.216 <sup>NS</sup>	-		
<b>D<sub>1.30</sub></b>	.216 <sup>NS</sup>	.945**	-	
<b>CD</b>	.010 <sup>NS</sup>	.739**	.756**	-
<b>A</b>	.312*	.397**	.419**	.326*

\*, Correlation is significant at the 0.05 level, \*\*, Correlation is significant at the 0.01 level, <sup>NS</sup>; correlation is not significant.

#### 4. CONCLUSIONS

Results of the study could be suggested for local seed collection areas of the species. However, relations between seed production and growth characteristic should be examined in future studies.

#### ACKNOWLEDGEMENT

Author acknowledgement to BSc students for their help during data collection.

#### REFERENCES

1. Boydak, M., Regeneration of Lebanon Cedar (*Cedrus libani* A.Rich.) on Karstic Lands in Turkey, *Forest Ecology and Management*, 178, 231-243, 2003
2. Koski, V., Antola, J., *National Tree Breeding and Seed Production Programme for Turkey 1994-2003*. The Research Directorate of Forest Tree Seeds and Tree Breeding, Ankara, 1993.
3. OGM., *Forestry Statistics-2024*. [www.ogm.gov.tr](http://www.ogm.gov.tr). Turkiye, Ankara (Date of access: 15.01.2025).
4. Ayan, S., Yer, E.N., Gulseven, O., Evaluation of Taurus Cedar (*Cedrus libani* A. Rich.) Afforestation Areas in Turkey in Terms of Climate Type, *Journal of Forestry Faculty of Artvin Coruh University*, 18, 152-161, 2017.
5. Evcimen, B.S., *Commercial Importance and Management of Turkish Taurus Cedar*, General Directorate of Forestry, Ankara, 1963.
6. ORTOHUM., Website of the Research Directorate of Forest Tree Seeds and Tree Breeding ([www.ortohum.gov.tr](http://www.ortohum.gov.tr)) (Date of access: 06.08.2021).
7. Zobel, B.J., Talbert, J., *Applied Forest Tree Improvement*, John Wiley and Sons, New York, 2003.
8. SPSS. (2011). *IBM SPSS Statistics for Windows, Version 20.0.*, NY: IBM Corp.
9. Falconer, D.S., *Introduction to Quantitative Genetics*, 3<sup>rd</sup> Edition, Longman Scientific and Technical, New York, 1989.



- 10.** Bilir, N., Yazıcı, N.,. Seed Stands: A Case Study in Taurus Cedar (*Cedrus libani* A. Rich.). Africa 4<sup>th</sup> International Conference on New Horizons in Science, January 19-21, Casablanca, 2024.
- 11.** Kartal, R., Bilir, N., Evaluation of Ehrami Black Pine Plantations in Isparta District: 30<sup>th</sup> Year Results, Bartın University International Journal of Natural and Applied Sciences, 5:10-17, 2022.
- 12.** Özel, S., Silvicultural Evaluation of Plantations in Isparta-Yalvaç District. Graduate School of Natural and Applied Science, Suleyman Demirel University, MSc. Thesis, Isparta, 2018.

## GROWTH IN PLANTATIONS OF TAURUS CEDAR (*CEDRUS LIBANI*)

**Prof. Dr. Nebi BİLİR**

Isparta University of Applied Sciences,  
[nebibilir@isparta.edu.tr](mailto:nebibilir@isparta.edu.tr)- 0000-0001-9911-4304

### ABSTRACT

This study was carried out on tree height and diameter at base, and their increments in 12-years of two Taurus cedar (*Cedrus libani* A. Rich.) plantations (P1 and P2). 50 trees were sampled randomly from each plantation for estimation and comparison.

Averages of tree height and diameter at base were 499.5 cm and 15.3 cm in P1, and 682.5 cm and 18.6 cm in P2, respectively. Individual trees within the plantation showed large differences for both tree height and diameter at base. Height was between 240 cm and 690 cm, while diameter ranged from 8.5 cm to 24.0 cm in P1.

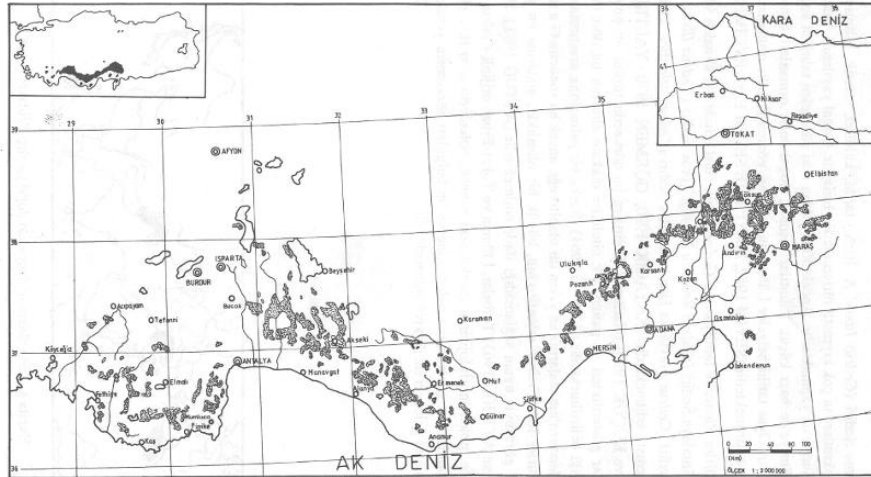
Tree height, diameter at base, and their increments showed significant ( $0.05 > p$ ) differences between the sampled plantations based results of analysis of variance. There were positive and significant ( $p < 0.05$ ) relations among the characteristic were found in the plantations according results of correlation analysis.

**Keywords:** Afforestation, correlation, increment, variance.

### 1. INTRODUCTION

According to the latest forest inventory [1], Türkiye has 23.4 million ha forest area which of 9.6 million ha is unproductive. Taurus cedar or also called cedar of Lebanon (*Cedrus libani* A. Rich) has the largest natural distribution mainly on the Taurus Mountains in southern Turkey by 0.5 million ha which of 0.1 million ha is unproductive [1], and small populations are remained in Syria and Lebanon in whole the world, generally between 800 and 2100 m elevation, together with lower (500-600 m) and higher (2400 m) elevations as small populations or small groups and individuals [2] (Figure 1). Taurus cedar is used plantation widely in Turkish forestry [3] because of its social-cultural importance and commercial wood product. However, there could be many biotic and a-biotic factors such as climatic, edaphic and characteristics of plantation area and treatments such as soil treatment/soil preparation or its different methods, watering, fertilization could play important roles in biological and economic success of the plantation practices. Taurus cedar is also classified as one of the economically important species for Turkish forestry and the “National Tree Breeding and Seed Production Programme” [4] because of the importance. The species grows up to 40 m height and 2 m diameter, and more than 1000 years [2].





**Figure 1.** Natural distribution of Taurus cedar (Evcimen, 1963)

In this case study, two 12-years plantation areas were examined based on tree height and diameter at base, and their increments by estimation and comparison of the characteristics to contribute plantation and other forestry practices of the species.

## 2. MATERIAL AND METHOD

Tree height (TH) and diameter at base ( $D_0$ ), and their increments (ITH,  $ID_0$ ) in two 12-years of Taurus cedar plantations (P1 and P2) (P1:  $37^{\circ}51'52''$  latitude,  $30^{\circ}31'39''$  longitude, at 1165 m; P2:  $37^{\circ}51'19''$  latitude,  $30^{\circ}31'43''$  longitude, at 1175 m) were studied in 50 trees sampled randomly from each plantation from southern part of Türkiye (Figure 2).



**Figure 2.** Sampled plantations

The plantations were compared for the tree height and diameter at base by following linear ANOVA model at SPSS [5]:

$$Y_{ij} = \mu + P_j + e_{ij} \tag{1}$$

Where  $Y_{ij}$  is the observation from the  $j^{th}$  tree of the  $i^{th}$  plantation,  $\mu$  is overall mean,  $P_i$  is the random effect of the  $i^{th}$  plantation, and  $e_{ij}$  is random error.

Phenotypic correlations ( $r_p$ ) between the characteristics were estimated at SPSS package [5] as [6]:

$$r_p = \frac{COV_{f(x,y)}}{\sqrt{\sigma^2_{f(x)}} \sqrt{\sigma^2_{f(y)}}} \tag{1}$$

Where  $COV_{f(x,y)}$  is the phenotypic covariance between characteristics x and y,  $\sigma^2_{f(x)}$  and  $\sigma^2_{f(y)}$  are the phenotypic variances for characteristics x and y, respectively.

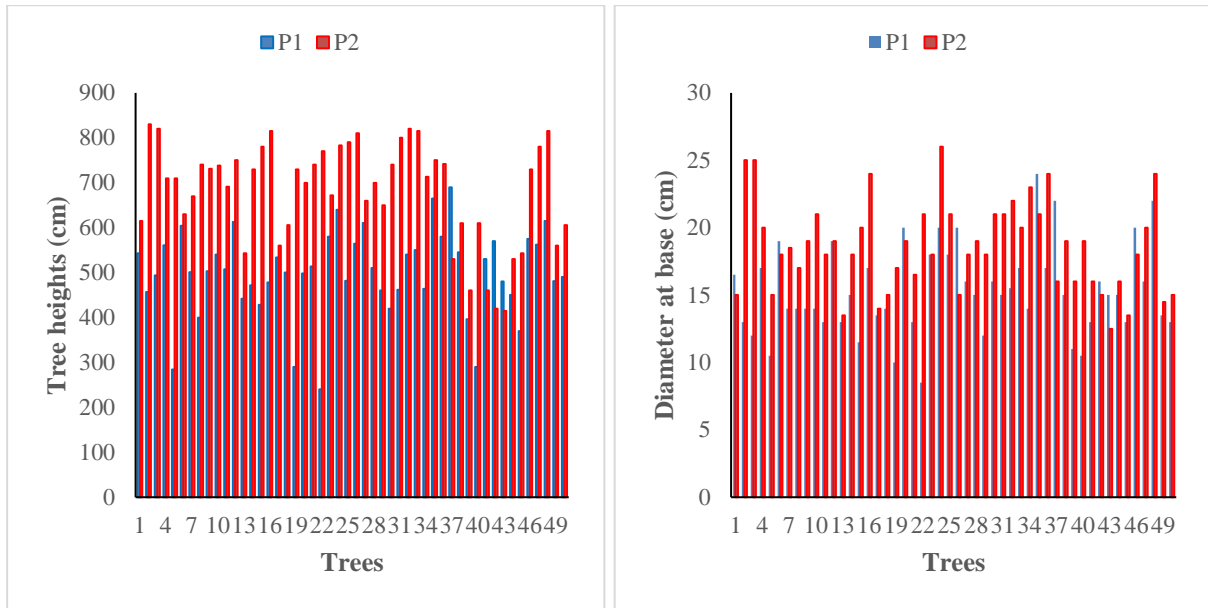
### 3. RESULTS AND DISCUSSION

#### 3.1. Tree height and diameter at base

Means of tree height and diameter at base were 499.5 cm and 15.3 cm in P1, and 682.5 cm and 18.6 cm in P2, respectively (Table 1). Individual trees within the plantation showed large differences for both tree height and diameter at base (Figure 3). Height was between 240 cm and 690 cm, while diameter ranged from 8.5 cm to 24.0 cm in P1, while they varied between 415 cm and 830 cm for height, 12.5 cm and 26.0 cm for height in P2. The results could be also found for the increments of the characteristics (Table 1). In both plantations, tree height had higher variation than diameter based on standard deviation (Table 1).

**Table 1.** Averages, ranges, and standard deviation (SD) for the characteristics

Characters	P1			P2		
	Average	Ranges	St. deviation	Average	Ranges	St. deviation
<b>TH</b>	499.5	240-690	95.3	682.5	415-830	112.0
<b>ITH</b>	41.6	20.0-57.5	7.9	56.9	34.6-69.1	9.3
<b>D<sub>0</sub></b>	15.3	8.5-24.0	3.3	18.6	12.5-26.0	3.3
<b>ID<sub>0</sub></b>	1.3	0.7-2.0	2.8	1.5	1.1-2.2	2.8



**Figure 3.** Individual tree height and diameter at base in the plantations

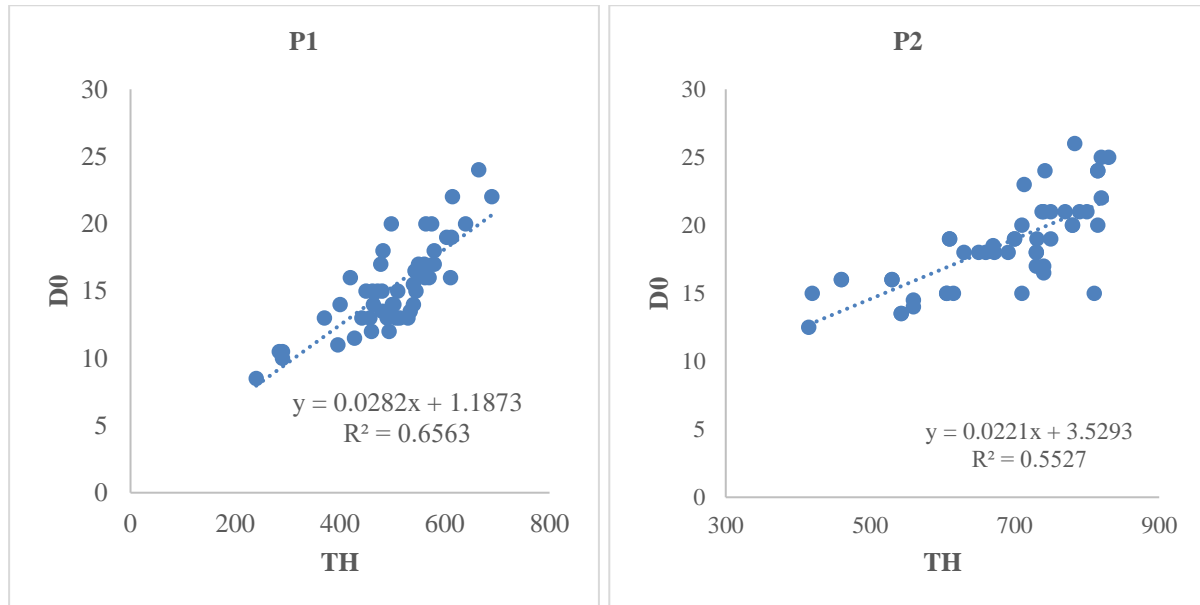
Results of analysis of variance showed significant ( $0.05 > p$ ) differences between the plantations based for the characteristics (Table 2). However, the case study was carried out by limited data collected from two areas. Similar variations among plantations and within plantation were also reported in early studies on the species [7,8,9]. However, there could be many abiotic and biotic factors could be effective on the variations [8,10].

**Table 2.** Results of analysis of variance for the characteristics

Characteristics	Source of variation	df	Mean Square	F	P value
<b>TH</b>	Between Groups	1	836859.040	77.361	.000
	Within Groups	98	10817.560		
	Total	99			
<b>D<sub>0</sub></b>	Between Groups	1	275.560	24.945	.000
	Within Groups	98	11.047		
	Total	99			
<b>ITH</b>	Between Groups	1	5811.775	77.363	.000
	Within Groups	98	75.123		
	Total	99			
<b>ID<sub>0</sub></b>	Between Groups	1	191.352	24.940	.000
	Within Groups	98	7.673		
	Total	99			

### 3.2. Correlation between tree height and diameter at base

There were positive and significant ( $p < 0.05$ ) relations among the characteristic were found in the plantations according results of correlation analysis (Figure 4). R2 was very high in both plantations. The results could be used for future studies in the species. Similar results were also reported in early studies of the species [i.e., 7,11,12]



**Figure 4.** Relations between the characteristics for the plantations

## 4. CONCLUSIONS

Results of the study could be used in local areas for forestry practices of the species. However, future studies should be carried out in different locations and characteristics including physiological by long-term data to draw accurate conclusion.

## ACKNOWLEDGEMENT

Author acknowledgement to BSc students for their help during data collection.

## REFERENCES

13. OGM., Forestry Statistics-2024. [www.ogm.gov.tr](http://www.ogm.gov.tr). Turkiye, Ankara (Date of access: 15.01.2025).
14. Boydak, M., Regeneration of Lebanon Cedar (*Cedrus libani* A.Rich.) on Karstic Lands in Turkey, Forest Ecology and Management, 178, 231-243, 2003.

15. Ayan, S., Yer, E.N., Gulseven, O., Evaluation of Taurus Cedar (*Cedrus libani* A. Rich.) Afforestation Areas in Turkey in Terms of Climate Type, Journal of Forestry Faculty of Artvin Coruh University, 18, 152-161, 2017.
16. Koski, V., Antola, J., *National Tree Breeding and Seed Production Programme for Turkey 1994-2003*. The Research Directorate of Forest Tree Seeds and Tree Breeding, Ankara, 1993.
17. SPSS. (2011). IBM SPSS Statistics for Windows, Version 20.0., NY: IBM Corp.
18. Falconer, D.S., *Introduction to Quantitative Genetics*, 3<sup>rd</sup> Edition, Longman Scientific and Technical, New York, 1989.
19. Bilir, N., Phenotypic Age-Age Correlations for Height, Diameter and Volume in *Cedrus libani* A. Rich., Journal of Forestry Faculty of Suleyman Demirel University, A(1), 12-18, 2004.
20. Bilir, N., Growth Performances in the Planting and Seeding Areas of Taurus Cedar (*Cedrus libani* A. Rich.), Agriculture & Forestry, 67, 81-88, 2021.
21. Bilir, N., Yazici, N., Özel, H.B., Examination of Taurus cedar (*Cedrus libani*) afforestation in Isparta province of Turkey. International Conference Reforestation Challenges, June 20-22, Belgrade, Serbia 2018.
22. Yazıcı, N., Babalık, A.A., Bilir, N., Effect of Slope on Growth of a Taurus Cedar (*Cedrus libani* A. Rich.) Afforestation: A Case Study from Dinar, Anatolian Journal of Forest Research, 8(2), 1-5, 2022.
23. Özel, S., Silvicultural Evaluation of Plantations in Isparta-Yalvaç District. Graduate School of Natural and Applied Science, Suleyman Demirel University, MSc. Thesis, Isparta, 2018.
24. Yazıcı, N., Bilir N., Growth Variation in Forest Tee Species in Afforestation of Gradoni Terracing. 4<sup>th</sup> Latin American Scientific Research Congresses, Rio de Janeiro, 13-15 March, 2023.

## VEGAN GIDALARDA KULLANILAN YUMURTA İKAMELERİ

**Yağmur ÖZCAN**

Ege Üniversitesi, yagmurozcan1997@gmail.com - 0000-0002-6433-1939

**Prof. Dr. Yeşim ELMACI**

Ege Üniversitesi, yesim.elmaci@ege.edu.tr - 0000-0001-7164-838X

### ÖZET

Son yıllarda tüketicilerin doğaya ve hayvanlara verilen zararlara yönelik farkındalığının artması ile daha etik, sürdürülebilir, sağlıklı ve çevreye zarar vermeyen bir yaşam tarzı arayışında olduğu görülmekte ve bu tüketicilerin ihtiyaçlarını karşılamak adına yeni pazar alanları ortaya çıkmaktadır. Bu bağlamda, dünya çapında bitki kaynaklı beslenmeye ve vegan gıda ürünlerine yönelik talepte artış yaşanmaktadır. Vegan beslenme talebindeki artış, kültürel, çevresel ve sosyo-ekonomik faktörler nedeniyle tüketim alışkanlıklarının değişmesiyle doğrudan ilişkilidir. Bazı bireyler kanserden kardiyovasküler hastalıklara kadar birçok hastalıkla baş etmek ve daha sağlıklı olmak adına vegan gıdalarla beslenirken, bazıları ise hayvanlara duyulan sevgi ve saygı nedeniyle bu şekilde beslenmektedir. Vegan beslenme tarzını benimseyen kişilerin sayısı günden güne artmakta ve bu beslenme tarzı giderek daha çok popülerlik kazanmaktadır. Dünya nüfusunun yaklaşık olarak %1'inin vegan olduğu tahmin edilmektedir. Vegan beslenme tarzını benimseyen tüketiciler, hayvansal kaynaklı hiçbir gıdayı tüketmeyip yalnızca bitkisel kaynaklı gıdalarla beslenmektedir. Vegan beslenmede et, yumurta, süt ve süt ürünleri gibi birçok hayvansal gıda tüketilmemektedir. Yumurta, özellikle zengin protein içeriği nedeniyle insan beslenmesinde önemli bir yere sahiptir. Yumurtanın yüksek besin değerinin yanı sıra gıda üretiminde emülsifiye etme, köpürtme, renk ve lezzet geliştirme gibi çeşitli işlevleri vardır. Vegan beslenen bireylerin yanı sıra yumurtaya alerjisi olan ve yüksek kolesterol içeriği nedeniyle yumurta tüketmek istemeyen bireyler de vegan gıdalar tüketebilmektedir. Vegan gıda tüketimindeki artış göz önüne alındığında yumurta gibi değerli bir bileşenin yerini alternatifleriyle doldurmak gerektiği görülmektedir. Yapılan literatür araştırmasında vegan gıdalarda yumurta yerine muz, çiya tohumu, aquafaba, soya sütü tozu ve çeşitli baklagil proteinlerinin yumurta ikamesi olarak kullanıldığı belirlenmiştir. Bu çalışmada, özellikle vegan beslenen bireyler tarafından tercih edilen vegan gıdalarda yumurta yerine kullanılan yumurta ikamelerine dair çalışmaların derlenmesi ve vegan gıdalarda kullanılan yumurta alternatifleri hakkında bilgi verilmesi amaçlanmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Vegan beslenme, vegan gıda, yumurta ikamesi, yumurta alternatifleri

## EGG SUBSTITUTES USED IN VEGAN FOODS

### ABSTRACT

In recent years, consumers have been looking for a more ethical, sustainable, healthy and environmentally friendly lifestyle as their awareness of the harms given to nature and animals has increased, and new market areas have emerged to meet the needs of these consumers. In this context, there has been an increase in the demand for plant-based nutrition and vegan food products worldwide. The increase in the demand for vegan nutrition is directly related to the change in consumption habits due to cultural, environmental and socio-economic factors. While some individuals consume vegan foods to cope with many diseases from cancer to cardiovascular diseases and to be healthier, others eat this way due to their love and respect for animals. The number of people who adopt a vegan diet is increasing day by day, and this diet is becoming increasingly popular. It is estimated that approximately 1% of the world's population is vegan. Consumers who adopt a vegan diet do not consume any animal-based foods and only consume plant-based foods. In vegan diets, many animal products such as meat, eggs, milk and dairy products are not consumed. Eggs have an important place in human nutrition, especially due to their rich protein content. In addition to its high nutritional value, eggs have various functions in food production such as emulsification, foaming, and color and flavor development. In addition to vegan individuals, individuals who are allergic to eggs and do not want to consume eggs due to their high cholesterol content can also consume vegan foods. Considering the increase in vegan food consumption, it is seen that a valuable ingredient such as eggs should be replaced with alternatives. In the literature research, it was determined that bananas, chia seeds, aquafaba, soy milk powder and various legume proteins are used as egg substitutes in vegan foods. This study aims to compile studies on egg substitutes used in vegan foods, especially by vegan individuals, and to provide information about egg alternatives used in vegan foods.

**Keywords:** Vegan nutrition, vegan food, egg substitute, egg alternatives

## 1. GİRİŞ

21. yüzyılın başlarında tüketicilerin özellikle doğaya ve hayvanlara verilen zarar nedeniyle gıda tercihlerinde değişime gitmek istemesi sonucunda vegan beslenmeye olan ilgi artmıştır. Günümüzde ülkemiz de dahil olmak üzere çoğu ülkede vegan beslenme tarzı sıklıkla tercih edilmektedir (Koeder vd., 2024). Vegan beslenme, bitki kaynaklı gıdalarla beslenmenin benimsendiği ancak yumurta, süt ürünleri, bal gibi hayvansal gıdaların da bireyin tercihiyle bağlı olarak tüketildiği veya hiç tüketilmediği vejetaryenliğin bir dalıdır. Vegan beslenmede tüm hayvansal ürünlerden kaçınılırken, ovo-vejetaryen beslenmede et, kümes hayvanları, deniz ürünleri ve süt ürünlerinden kaçınılmaktadır. Bir başka vejetaryen beslenme dalı olan lakto-vejetaryen beslenmede ise et, kümes hayvanları, deniz ürünleri ve yumurta tüketilmemektedir. Bunun yanı sıra lakto-ovo vejetaryenler ise et, kümes hayvanları ve deniz ürünleri tüketmekten kaçınılmaktadır (Hess, 2022). Veganlık, vejetaryenliğin alt sınıfı olarak bilinse de sadece hayvansal gıdaların tüketilmemesi değil hayvan kökenli hiçbir ürünün (gıda, kozmetik, giyim vs.) kullanılmaması yönüyle vejetaryenlikten ayrılmaktadır (Akkan ve Bozyiğit, 2020).

Vegan beslenme ile ilgili en çok tartışılan konu bu beslenme biçiminin sağlık üzerine olumlu ve olumsuz etkileridir. Yapılan çalışmalarda özellikle kardiyovasküler hastalıklara sahip insanların, vegan beslenme ile bu tarz hastalıklarla baş edebildiği görülmektedir. Bunun yanı sıra bu beslenme tarzı ile obezite ve diyabet başta olmak üzere çeşitli metabolik hastalıklar da tedavi edilebilmektedir (Glick-Bauer ve Yeh, 2014; Aksu, 2023). Genel olarak sağlıklı bir beslenme, sebzeler, meyveler, tam tahıllar, kuruyemişler ve baklagiller açısından zengin; tuz, serbest şeker ve özellikle doymuş ve trans yağlar açısından düşük bir beslenme düzeni şeklinde olmalıdır (WHO, 2022). Bu tanım göz önüne alındığında vegan beslenmede hiçbir hayvansal gıda tüketilmediği için sağlıklı, yeterli ve dengeli bir beslenme düzeni uygulanmadığı görülmektedir. Vegan beslenmede, hayvansal gıdaların yerini alacak alternatif gıdaların bu husus esas alınarak seçilmesi veya gerekirse gıda takviyelerinin kullanılması ile bu sorun ortadan kaldırılabilmektedir (Koeder vd., 2024). Yeterli ve dengeli bir biçimde hazırlanmış vegan bir diyet uygulayan insanların bu yolla sağlığını korumasına ve geliştirilmesine katkı sağlanabilmektedir. Ancak bu şekilde düzenlenmemiş bir vegan diyet sonucunda B12 vitamini başta olmak üzere, kalsiyum, çinko, D vitamini, omega 3 yağ asitleri gibi çeşitli bileşenlerin eksikliğine bağlı olarak sağlık sorunları gözlenebilmektedir (Marrone vd., 2021; Aksu, 2023).

Tüketicilerin özellikle sağlıklı gıda seçeneklerine duyduğu ilgideki artış, yumurta, süt, et, tereyağı gibi insan beslenmesinde önemli bir yere sahip olan gıda ürünlerinin alternatiflerini aramaya yöneltmektedir (Agrahar-Murugkar vd., 2016). Vegan beslenenlerin tüketmediği bir gıda olan yumurta, özellikle protein içeriği başta olmak üzere zengin bir besin kaynağıdır. Bunun yanı sıra yapılan çalışmalarda özellikle yumurta sarısında bulunan yüksek kolesterol miktarı, kardiyovasküler hastalıkların artması ile ilişkilendirilmektedir (Wang vd., 2011; Aljobair, 2022). Yumurta alerjileri ise küçük çocuklarda yaygın olarak görülen gıda alerjilerinden biridir. Bu alerji, cilt reaksiyonlarına, burun tıkanıklığına, gastrointestinal ve solunum sistemlerinde ciddi semptomlara neden olabilmektedir. Aynı zamanda yumurta



alerjisinin yetişkinliğe kadar devam etme eğiliminde olduğu bilinmektedir. Yumurta alerjisinin tek tedavisi, yumurta içermeyen bir diyet uygulanmasıdır (Boukid ve Gagaoua, 2022). Yumurta, gıdalarda sadece besin içeriğinin zengin olması nedeniyle kullanılmamaktadır. Emülsifikasyon, stabilizasyon, elastikiyet, köpük oluşturma, bağlayıcılık, renklendirme, aroma verme ve lezzet artırma gibi birçok özelliğe sahip olan yumurta, bu özellikleri nedeniyle gıdaların üretiminde sıklıkla tercih edilmektedir (Aslan ve Ertaş, 2020).

Son yıllarda yumurta, yüksek kolesterol içeriği ve bazı insanlar için alerjen olması nedeniyle tüketimi çok tercih edilmeyen bir gıdadır. Aynı zamanda vegan beslenmeye artan talep göz önüne alındığında gıdalarda yumurta yerine kullanılabilir ikameler aranmaktadır. Bu çalışmada, gıdaların üretiminde yumurta ikamesi olarak kullanılabilir gıdalar hakkında bilgi verilmesi amaçlanmıştır.

## **2. VEGAN BESLENMEDE YUMURTA YERİNE KULLANILAN ALTERNATİF GIDALAR**

Birçok gıda formülasyonunda renk, lezzet ve doku için yumurta kullanılmaktadır. Özellikle yumurta akı, köpük oluşturma ve emülsifiye etme özelliklerinden dolayı gıdaların üretiminde sıklıkla tercih edilmektedir. Bunun yanı sıra maliyetlerin artması, yumurta alerjileri, vegan beslenme gibi beslenme tarzlarına olan talep, çevre ve sağlık kaygıları gibi nedenler göz önüne alındığında yumurta tüketiminin azaldığı görülmektedir. Tüketicilerin bu nedenlerle yumurta alternatifleri arayışına girmesine karşılık, gıda üretiminde yumurtanın gıdalara kazandırdığı tat, doku ve işlevsel özelliklerden de ödün verilmemesi gereklidir (Mustafa vd., 2018). Bu amaçla yapılan ve yumurta ikamesi olarak aquafaba, soya, çiya, muz, keten tohumu, baklagiller, müsülajlar ve gamlar gibi çeşitli gıda bileşenlerinin kullanıldığı birçok çalışma bulunmaktadır.

### **2.1. Aquafaba**

Son yıllarda nohut başta olmak üzere fasulye, bezelye, barbunya, mercimek gibi baklagillerin pişirme suyu olarak bilinen aquafabanın bitkisel kökenli bir yumurta ikamesi (vegan yumurta) olarak kullanımı yaygınlaşmaktadır. Aquafaba, su anlamına gelen “aqua” ve fasulye anlamına gelen “faba” sözcüklerinden türetilen Latince bir kelimedir. Halk arasında “yapışkan sıvı” olarak da bilinmektedir. Bunun nedeni baklagillerin içerisinde bulunan nişastanın pişirme işlemi sırasında suyla karışması sonucunda amiloz ve amilopektine parçalanması ve protein ile şekerin birlikte pişirme suyuna geçmesidir. Özellikle yüksek protein içeriğine sahip olan aquafaba, karbonhidrat, saponin, vitamin ve mineral içeriği nedeniyle de dikkat çekmektedir. Aquafabanın besin içeriği pişirme süresi, sıcaklık, pH, baklagil miktarı, türü ve kalitesi gibi faktörlere bağlı olarak değişiklik göstermektedir. Aquafabanın köpük oluşturma, emülsifiye etme, kıvam verme ve bağlama gibi işlevsel özellikleri nedeniyle birçok gıdada yumurta ikamesi olarak kullanımına sıklıkla rastlanmaktadır. (Stantiall vd., 2018; Mustafa vd., 2018).

Stantiall vd. (2018) tarafından yapılan bir çalışmada, fasulye, nohut, sarı ve yeşil bezelye aquafabasının yumurta ikamesi olarak kullanımının beze kalitesi üzerindeki etkisi araştırılmıştır. Çalışma sonucunda en iyi beze formülasyonunun sarı bezelye pişirme suyu kullanılarak elde edildiği belirlenmiştir. Damian vd. (2018), nohut ve sarı bezelyeden elde edilen aquafabanın mus formülasyonunda yumurta yerine kullanım potansiyeli üzerine bir çalışma gerçekleştirmiştir. Çalışmada aquafaba kullanılarak hazırlanan musların renk, doku, tat, parlaklık, görünüş, tatlılık ve duyuşal özellikler bakımından kontrol ile farklılık göstermediği, ancak lezzet ve genel kabul edilebilirlik açısından yumurta içeren kontrol örneğiyle önemli derecede farklılık gösterdiği saptanmıştır. Çalışma sonucunda, nohut ve sarı bezelye pişirme suyunun mus üretiminde yumurta yerine kullanılabilceği belirlenmiştir.

Kek formülasyonunda yumurta yerine nohut aquafabasının kullanımının araştırıldığı bir çalışmada, yumurta kullanılarak üretilen kontrol keki ile farklı oranlarda aquafaba eklenen keklerin çeşitli özellikleri karşılaştırılmıştır. Çalışma sonucunda keklere eklenen aquafaba miktarı arttıkça köpük stabilitesinin ve köpürme kapasitesinin azaldığı görülmüştür. Keklerin hacminde, protein ve kül içeriğinde azalma görülürken, sertliğinde ise artış olduğu saptanmıştır. Yapılan duyuşal değerlendirmede keklere aquafaba eklenmesi ile koku puanının önemli derecede düştüğü belirlenmiştir (Aslan ve Ertaş, 2020). Nguyen vd. (2020) tarafından yapılan bir çalışmada, kek formülasyonunda yumurta beyazı olarak lima fasulyelerinden (*Phaseolus lunatus* L.) farklı pişirme yöntemleriyle elde edilen aquafabalar kullanılmıştır. Çalışma sonucunda kek üretiminde yumurta beyazı ikamesi olarak lima fasulyesi aquafabası kullanılması ile daha sağlıklı ve yumurta içermeyen vegan kek formülasyonlarının geliştirilebileceği belirlenmiştir.

Standartlaştırılmış aquafaba tozu üretmek amacıyla nohut aquafabasının üretim ve kurutma yöntemlerinin optimize edildiği bir çalışmada, üretilen aquafaba tozu vegan mayonez üretiminde kullanılarak mayonezin çeşitli özellikleri incelenmiştir. 4°C sıcaklıktaki suda 16 saat boyunca bekletilen ve 116°C'de 30 dakika 75 kPa'da pişirilen nohutların en iyi emülsiyon özelliklerini gösterdiği belirlenmiştir. Bu koşullarda üretilen aquafaba tozuyla yapılan mayonezlerin, 4°C'de 28 günlük depolama süresi boyunca stabil kaldığı, ancak damlacık boyutlarının yumurta sarısıyla yapılan kontrol örneğinden önemli derecede yüksek olduğu görülmüştür. Bu sonuçlar, nohut aquafabasının gıda emülsiyonlarında yumurta işlevlerini taklit edebileceğini ve çok çeşitli yumurtasız gıda ürünleri üretme potansiyeline sahip olduğunu göstermektedir (He vd., 2021).

Yapılan literatür araştırmasında, gıdalarda yumurta ikamesi olarak kullanımına dair en çok çalışmanın aquafaba üzerine olduğu görülmektedir. Gıdalarda yumurta yerine aquafaba kullanımına dair bazı çalışmalar Çizelge 1'de verilmektedir. Özellikle beze, mayonez, mus ve keklerin üretiminde yumurta beyazı yerini alma potansiyeline sahip olduğu çeşitli çalışmalarda kanıtlanmıştır. Baklagillerin pişirme suyu olarak bilinen aquafabanın, yüksek protein içeriğinin

yanı sıra iyi köpürme ve emülsifiye etme özelliklerine sahip olması nedeniyle yumurtaya olan benzerliği, gıdalarda yumurta ikamesi olarak kullanımını artırmaktadır.

**Çizelge 1.** Gıdalarda yumurta ikamesi olarak aquafaba kullanılan bazı çalışmalar

<b>YUMURTA İKAMESİ</b>	<b>KULLANILDIĞI GIDA</b>	<b>REFERANS</b>
Fasulye, nohut, yeşil ve sarı bezelye aquafabası	Beze	Stantiall vd., 2018
Nohut ve sarı bezelye aquafabası	Mus	Damian vd., 2018
Konserve nohut suyu	Kek	Mustafa vd., 2018
Nohut pişirme suyu (aquafaba)	Mayonez	Lafarga vd., 2019
Nohut aquafabası	Mayonez	Raikos vd., 2020
Nohut aquafabası	Kek	Aslan ve Ertaş, 2020
Lima fasulyesi aquafabası	Kek	Nguyen vd., 2020
Nohut aquafabası	Mayonez	He vd., 2021
Nohut aquafabası	Glütensiz kek	Silva vd., 2022
Nohut ve bezelye konserve suları	Mayonez	Oktay ve Kırkın Gözükırmızı, 2023
Nohut aquafabası	Beze	Kargar ve Sourki, 2025

## 2.2. Soya

Soya (*Glicine max* L.), Fabaceae ailesine ait Asya kökenli bir bitkidir. Yıllardır yüksek kaliteli proteinlerin ekonomik kaynağı olması nedeniyle insan beslenmesinde önemli bir yere sahiptir. Yapılan araştırmalarda soya fasulyesinin yüksek izoflavon içeriğine sahip olduğu belirlenmiştir (Barnes vd., 2000). İzoflavonlar ve proteinlerin yanı sıra soya, B vitaminleri, doymamış yağ asitleri, demir, kalsiyum, çinko, diyet lifi ve birçok biyoaktif bileşen de içermektedir (Rizzo ve Baroni, 2018). Bitkisel proteinlere olan ilgi göz önüne alındığında, yüksek protein ve düşük karbonhidrat içeriğine sahip olan soyanın diğer baklagillere kıyasla daha fazla tercih edildiği bilinmektedir (Hoffman ve Falvo, 2004). Son yıllarda soya proteinlerinin emülsifiye etme, jelleştirme, doku iyileştirme, film ve hamur oluşturma gibi işlevsel özellikleri nedeniyle gıdalarda yumurta ikamesi olarak kullanımı araştırmacıların dikkatini çekmektedir (Rahmati ve Tehrani, 2014).

Rahmati ve Tehrani (2014) tarafından yapılan bir çalışmada, yumurta yerine soya sütü kullanılmasının kekin kalitesi, fizikokimyasal ve duyuşsal özellikleri üzerine etkisi araştırılmıştır. Çalışmada yumurta yerine soya sütü farklı oranlarda (%25-50-75-100) eklenerek en uygun formülasyonun geliştirilmesi amaçlanmıştır. Sonuçlar incelendiğinde, soya sütünün düşük yoğunluklu, yüksek hacimli, tatmin edici doku ve duyuşsal özelliklere sahip kekler üretmek için yüksek performans ve verimliliğe sahip olduğu belirlenmiştir. Yumurta içeren kontrol keki ile yumurtanın soya sütü ile ikame edilmesi ile üretilen keklerin karşılaştırılması sonucunda, %75'e kadar ikame seviyesi ile neredeyse tüm özellikler açısından kabul edilebilirliğe sahip keklerin üretilebileceği görülmüştür.

Diğer bir çalışmada, kek formülasyonunda soya lesitini ile desteklenmiş soya sütünün yumurta ikamesi olarak kullanılmasının keklerde kalite özellikleri üzerine etkisi ve en uygun soya lesitini seviyesi belirlenmiştir. Çalışmada kekler yumurta yerine soya sütü kullanılarak ve farklı oranlarda (%0-6) soya lesitini ile desteklenerek üretilmiştir. Çalışma sonucunda, yumurta ve lesitin içermeyen kek, kontrole kıyasla en yüksek sertlik, kohezyon, esneklik ve çignenebilirlik özellikleri göstermiştir. Formülasyona lesitin ilave edilmesi ile bu parametrelerde önemli bir azalma elde edilmiştir. Sonuç olarak, yumurta içermeyen kek formülasyonuna %4'e kadar soya lesitini eklenmesi ile kontrol örneğinin kalitesine benzer kalitede kekler üretilbileceği gözlenmiştir (Hedayati ve Mazaheri, 2018).

Gülmez vd. (2024) tarafından acıbadem kurabiyesinin en önemli bileşenlerinden biri olan yumurtanın yerine kullanılacak alternatifler araştırılmıştır. Bu amaçla kullanılan yumurta ikamelerinden biri soya sütüdür. Yumurta yerine soya sütü kullanılarak üretilen acıbadem kurabiyelerine yapılan duyusal değerlendirme ile lezzet, doku, görünüş ve genel beğeni özellikleri incelenmiştir. Çalışma sonucunda soya sütünün kalite ve duyusal özellikler göz önüne alındığında acıbadem kurabiyesi formülasyonunda yumurta ikamesi olarak kullanım potansiyeli olduğu belirlenmiştir. Sanusi vd. (2019) tarafından yapılan bir çalışmada, mayonez üretiminde yumurta sarısı ikamesi olarak soyadan elde edilen tofu kullanımı araştırılmıştır. Çalışmada mayonez formülasyonuna farklı oranlarda (%0-25-50-75-100) tofu eklenerek mayonezlerin çeşitli fiziksel özellikleri analiz edilmiştir. %100 tofu içeren mayonezin kaşıkla alınabilirlik, yağ lekelenmesi ve film oluşumu özellikleri açısından en yüksek değerlere sahip olduğu belirlenirken, %25 tofu içeren mayonezin ise en düşük değerlere sahip olduğu belirlenmiştir. Sonuçlar incelendiğinde, tofunun yumurta sarısından daha viskoz ve kaşıkla alınabilir olduğu görülmüştür. Genel olarak soya fasulyesinden elde edilen tofunun, mayonez üretiminde yumurta sarısı yerine kullanılacak potansiyele sahip olduğu sonucuna varılmıştır.

Soya ve soya ürünlerinin yumurtaya benzer özelliklere sahip olması nedeniyle gıdaların üretiminde yumurta ikamesi olarak kullanımının yaygın olduğu görülmektedir. Soyanın ve soya ürünlerinin (soya sütü, soya sütü tozu, soya lesitini, tofu vs.) çeşitli gıda ürünlerinde yumurta yerine kullanım potansiyelini araştıran bazı çalışmalar Çizelge 2'de verilmektedir.

**Çizelge 2.** Gıdalarda yumurta ikamesi olarak soya ve soya ürünleri kullanılan bazı çalışmalar

<b>YUMURTA İKAMESİ</b>	<b>KULLANILDIĞI GIDA</b>	<b>REFERANS</b>
Soya proteini konsantresi	Mayonez	Garcia vd., 2009
Soya sütü ve vegan yumurta	Mayonez	Nikzade vd., 2012
Soya sütü	Kek	Rahmati ve Tehrani, 2014
Soya sütü tozu	Kek	Agrahar-Murugkar vd., 2016
Soya sütü ve vegan yumurta	Mayonez	Mozarafi vd., 2017
Soya fasulyesi protein izolatu	Sarı kek	Lin vd., 2017b

---

Soya lestitini ile desteklenmiş soya sütü	Kek	Hedayati ve Tehrani, 2018
Soya sütü	Acıbadem kurabiyesi	Gülmez vd., 2018
Bir soya ürünü olan tofu	Mayonez	Sanusi vd., 2019
Soya protein izolatu	Sünger kek	Kim vd., 2024

---

### 2.3. Baklagiller

Vegan gıdaların üretiminde yumurta ikamesi olarak kullanılan bitkisel kaynaklardan bir diğeri baklagillerdir. Fabaceae ailesine ait olan bitkilerin tohumları olarak bilinen baklagiller nohut, bezelye, fasulye, bakla ve mercimeği içermektedir. Yüksek protein ve lif içeriğine sahip olan baklagillere duyulan artan ilgi, vegan beslenme tarzına olan talepteki artış ile ilişkilendirilmektedir (Atalay ve Gökbulut, 2021). Özellikle bezelye (*Pisum sativum* L.) proteinleri yüksek besin içeriği, kolay bulunabilir olması ve düşük alerjen etkisi nedeniyle dikkat çekmektedir (Viana vd., 2023). Baklagillerin jel oluşturma, emülsifiye etme, köpürme, çözünürlük, su ve yağ absorpsiyonu gibi özellikleri nedeniyle gıda formülasyonlarında kullanıldığı bilinmektedir.

Jarpa-Parra vd. (2017), muffin formülasyonunda yumurta yerine mercimek proteini kullanılmasının son ürünün fiziksel, reolojik ve duyuşal özelliklerine etkisinin belirlenmesi amacıyla gerçekleştirdikleri çalışmada mercimek proteinin yumurta beyazına benzer şekilde iyi bir köpük oluşturma ve emüsifiye etme özelliğine sahip olduğu belirlenmiştir. Duyusal değerlendirme sonucunda, %100 mercimek proteini ile üretilen keklerin tüketiciler tarafından tercih edildiği ve kontrolden daha yüksek kabul edilebilirlik puanları aldığı görülmüştür. Eckert vd. (2018) tarafından yapılan bir çalışmada, vegan donut üretmek amacıyla yumurta yerine mercimek proteinin kullanım potansiyeli incelenmiştir. Mercimek proteini eklene donutların kontrole kıyasla daha az pişirme kaybına ve çap azalmasına sahip olduğu görüldürken, daha yüksek protein ve  $\beta$ -glukan içerdiği görülmüştür. Çalışma sonucunda, vegan donut üretiminde yumurta ikamesi olarak mercimek proteini kullanımının ticarileştirilme potansiyeline sahip olduğu belirlenmiştir.

Bezelye proteinin yumurta ikamesi olarak acıbadem kurabiyesi formülasyonunda kullanıldığı bir çalışmada, vegan acıbadem kurabiyesi üretiminde yumurta alternatifi olarak bezelye proteinin kullanım potansiyeli araştırılmıştır. Çalışma sonucunda, yumurta ikamesi olarak bezelye proteini kullanılan örneklerde doku ve lezzet özellikleri açısından tüketici beğenisinin kazanıldığı belirlenmiştir (Gülmez vd., 2018). Yeşil mercimek atık suyunun yumurta yerine geçebilme olasılığının araştırıldığı bir çalışmada, kek formülasyonunda yumurta ikamesi olarak yeşil mercimek atık suyunun kullanılmasının kek kalitesine olan etkisinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Yumurta yerine yeşil mercimek atık suyu kullanılarak başarılı ve yeni bir vegan kek formülasyonu geliştirilmiştir. Sonuç olarak, yeşil mercimeğin ıslatılması sırasında ortaya çıkan atık suyun, kek formülasyonunda pahalı bir bileşen olan yumurtanın yerine kullanılabileceği belirlenmiştir (Yazıcıoğlu, 2024).

Yapılan literatür araştırmasında, nohut, mercimek, bakla, bezelye gibi baklagillerin gıdaların üretiminde yumurta ikamesi olarak kullanımının sıklıkla tercih edildiği görülmektedir. Baklagillerin çeşitli gıda ürünlerinde yumurta yerine kullanım potansiyelini araştıran çok sayıda çalışma bulunmaktadır (Çizelge 3). Tüketicilerin özellikle protein açısından zengin gıdalara olan talebi göz önüne alındığında, baklagil proteinleri ile zenginleştirilmiş gıdaların ticarileşme potansiyeline sahip olduğu düşünülmektedir.

**Çizelge 3.** Gıdalarda yumurta ikamesi olarak baklagillerin kullanıldığı bazı çalışmalar

<b>YUMURTA İKAMESİ</b>	<b>KULLANILDIĞI GIDA</b>	<b>REFERANS</b>
Beyaz acı bakla proteini	Sarı kek	Arozarena vd., 2014
Mercimek proteini	Muffin	Jarpa-Parra vd., 2017
Bezelye proteini	Kek	Lin vd., 2017a
Mercimek proteini	Donut	Eckert vd., 2018
Bezelye proteini	Acıbadem kurabiyesi	Gülmez vd., 2018
Siyah nohut unu	Kurabiye	Ali vd., 2018
Acı bakla (lupin) protein izolatları	Kek	Boukid ve Pasqualone, 2021
Mercimek proteini	Glütensiz kek	Silva vd., 2022
Yeşil mercimek atık suyu	Muffin	Yazıcıoğlu, 2024

#### 2.4. Çiya

Çiya (*Salvia hispanica* L.) Lamiaceae ailesine ait yenilebilir tohumları olan bir bitkidir (Chavan vd., 2017). Çiya tohumları temel yağ asitleri, proteinler, lifler, vitaminler, mineraller ve antioksidanlar açısından oldukça zengin olduğundan tüketiciler tarafından sıklıkla tercih edilmektedir. Son yıllarda çiya tohumlarına duyulan artan ilgi, tohumlara su eklendiğinde oluşan sakızimsı yapı nedeniyle iyi bir jel oluşturucu olmasından kaynaklanmaktadır (Chiang vd., 2021; Viana vd., 2023).

Gallo vd. (2018) tarafından gerçekleştirilen bir çalışmada, çikolatalı keklerde yumurta yerine çiya jelinin kullanımı değerlendirilmiştir. Çikolatalı keklerin lezzet, doku ve genel kabul edilebilirliğinin değerlendirildiği duyusal analiz, 112 eğitimsiz panelist ile gerçekleştirilmiştir. Duyusal değerlendirme sonucunda, çiya jelinin çikolatalı keklerde yumurtanın yerini alabileceği ve keklerin kabul edilebilirliğinin kontrole kıyasla olumsuz olarak etkilenmediği belirlenmiştir. Diğer bir çalışmada, yumurta ikamesi olarak farklı oranlarda çiya tohumu unu eklenmesi ile sünger kek üretilmesi amaçlanmıştır. Çiya tohumu ilavesinin keklerin protein, yağ ve mineral içeriğini artırdığı görülmüştür. Ancak kek hacmi, simetrisi ve homojenliği çiya oranının artması ile önemli derecede düşmüştür. Bunun yanı sıra, keklerde çiya ilavesiyle daha yüksek sertlik, esneklik, koheziflik ve çignenebilirlik değerleri tespit edilmiştir. Duyusal değerlendirmede, çiya tohumunun yüksek oranda kullanıldığı sünger keklerin panelistler tarafından daha düşük kabul edilebilirlik puanı aldığı belirlenmiştir. Çalışma sonucunda, çiya

tohumu ikame oranının artması ile doymamış yağ asitlerinde büyük bir artış olduğu ve eş zamanlı olarak toplam kolesterolde de düşüş olduğu tespit edilmiştir (Aljobair, 2022).

Keklerin nemli ve yumuşak olmasına katkı sağladığı bilinen yumurta yerine çiya tohumu gibi bitki kaynaklı bileşenlerin kullanıldığı bir çalışmada, yumurtasız balkabağı muffinleri üretilmesi ve keklerin fiziksel, kimyasal ve duyuşal özelliklerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Yumurta içermeyen balkabağı keklerine çiya tohumlarının eklenmesi ile keklerin yağ içeriği azalırken kül, lif ve karbonhidrat içeriği artmıştır. Duyusal değerlendirme sonucunda, tercih testinde çiya tohumları kullanılarak hazırlanan balkabağı muffinlerinin, yumurta içeren kontrol kekine kıyasla genel kabul edilebilirlik açısından daha yüksek puan aldığı belirlenmiştir (Haslubis ve Arifin, 2024).

Çiyanın gıdalarda yumurta ikamesi olarak kullanılmasına dair çeşitli çalışmalar bulunmaktadır (Çizelge 4). Çiya tohumları kullanılarak yapılan çalışmalar, bu bileşenin kullanılmasının özellikle kek ve kurabiye gibi fırıncılık ürünlerinin formülasyonunda önemli bir yere sahip olan yumurtaya bir alternatif olabileceğini göstermektedir. Çiya tohumlarının jel oluşturma kapasitesi nedeniyle, yumurta yerine kullanılması ile üretilen gıdaların kalite, doku ve duyuşal özellikleri bakımından iyi sonuçlar verdiği ve endüstriyel olarak kullanım potansiyeline sahip bir yumurta ikamesi olduğu düşünülmektedir.

**Çizelge 4.** Gıdalarda yumurta ikamesi olarak çiya tohumunun kullanıldığı bazı çalışmalar

<b>YUMURTA İKAMESİ</b>	<b>KULLANILDIĞI GIDA</b>	<b>REFERANS</b>
Çiya	Kek	Agrahar-Murugkar vd., 2016
Çiya müsilağı	Mayonez	Fernandes ve Mellado, 2018
Çiya jeli	Çikolatalı kek	Gallo vd., 2018
Çiya	Kurabiye	Rogers vd., 2018
Çiya tohumu unu	Sünger kek	Aljobair, 2022
Çiya tohumu	Balkabağı muffini	Haslubis ve Arifin, 2024

## 2.5. Diğer Yumurta İkameleri

Bakliyatların pişirme suyu olarak bilinen aquafaba, baklagiller, soya ve çiya dışında gıdalarda yumurta ikamesi olarak kullanılabilme potansiyeline sahip keten tohumu, muz, çeşitli gamlar ve müsilağlar gibi alternatifler de bulunmaktadır (Çizelge 5).

**Çizelge 5.** Gıdalarda çeşitli yumurta ikamelerinin kullanıldığı bazı çalışmalar

<b>YUMURTA İKAMESİ</b>	<b>KULLANILDIĞI GIDA</b>	<b>REFERANS</b>
Durian çekirdeğı gamı	Mayonez	Cornelia vd., 2015
Muz	Kek	Agrahar-Murugkar vd., 2016

<i>Chlorella vulgaris</i>	Kek	Hesarinejad vd., 2017
Susam-fistık unu sütü	Mayonez	Karshenas vd., 2018
Muz	Kurabiye	Rogers vd., 2018
Arap zamkı (arabic gum)	Mayonez	Ali ve Said, 2020
Ayva çekirdeđi müsilajı	Erişte	Konak vd., 2023
Keten tohumu ve muz	Balkabağı muffini	Haslubis ve Arifin, 2024
Keten tohumu jeli	Kek	Sharma vd., 2024

Agrahar-Murugkar vd. (2016) tarafından yapılan bir çalışmada, yumurta yerine muz, çiya ve soya sütü kullanılarak hazırlanan keklerin fiziksel, dokusal, reolojik, besinsel ve organoleptik özellikleri analiz edilerek yumurta içeren kontrol keki ile çeşitli özellikleri karşılaştırılmıştır. Çalışmada hazırlanan kekler arasında, soya sütlü kek ve muzlu kekin daha yüksek mineral içeriğine sahip olduğu belirlenmiştir. Duyusal değerlendirme sonucunda, yumurta ikameli kekler arasından muzlu kek, 9 puanlık hedonik ölçekte genel kabul edilebilirlik açısından kontrol keki ile benzer sonuçlar vermiştir. Yumurta ikamesi olarak muz kullanımının, vegan gıdalarda yumurtaya alternatif olarak kullanılma potansiyeline sahip olduğu sonucuna varılmıştır. Diğer bir çalışmada, kek formülasyonunda yumurta beyazı yerine mikroalglerin kullanılmasının keklerin fiziksel ve duysal özellikleri üzerine etkisi değerlendirilmiştir. Bu amaçla yumurta ikamesi olarak *Chlorella vulgaris* tozu farklı oranlarda (%25-50-75-100) kek formülasyonuna dahil edilmiştir. Sonuçlar incelendiğinde, yumurta beyazının *Chlorella vulgaris* ile ikame edilmesinin kek örneklerinin hamur, kırıntı ve kabuğunun L\*, a\* ve b\* parametrelerinde önemli bir azalmaya neden olduğunu göstermiştir. Aynı zamanda kek örneklerinin hamur kıvamı, nemi ve özgül hacmi de önemli derecede azalmıştır. Ancak, bu ikame seviyeleri örneklerin ağırlık kaybını ve sertliğini önemli ölçüde artırmıştır. %25 ikame seviyesi, kontrol örneği ile karşılaştırıldığında tat, renk, koku, doku ve toplam kabul edilebilirlik açısından önemli bir azalma görülmediği belirlenmiştir (Hesarinejad vd., 2017).

Sharma vd. (2024) tarafından yapılan bir çalışmada, yumurta yerine farklı oranlarda (%20-40-60-80-100) keten tohumu jeli kullanılarak üretilen keklerin çeşitli özellikleri değerlendirilmiştir. Yumurta içeren kontrol örneği ile yumurta ikamesi olarak keten tohumu jeli kullanılan kekler karşılaştırıldığında, besin içeriği, kek yüksekliği ve doku özellikleri (sertlik, esneklik, yapışkanlık vs.) bakımından olumsuz bir etkinin olmadığı belirlenmiştir. Çalışmada, yumurta ikamesi olarak keten tohumu jeli kullanılarak üretilen keklerin nem ve doku açısından kontrol kekiyle benzer özelliklerde olduğu ve keten tohumu jelinin yumurta ikamesi olarak %50'ye kadar başarıyla kullanılabilceği sonucuna varılmıştır.

### 3. SONUÇ

Son yıllarda, gıda tüketimindeki yeni eğilimler yumurta başta olmak üzere glüten, et ve süt bazlı gıda ürünlerine alternatifler aranmasına yol açmaktadır. Yumurtanın diyetle kısıtlanması, tüketicilerin farklı yaşam tarzı tercihlerine dayalı diyet tercihleri ve gıda üretimiyle ilişkili sürdürülebilirlik ve ekonomik faktörler gibi çeşitli nedenler ile tüketiminin tercih edilmemesine



bağlı olarak yumurta alternatifleri kullanılarak üretilen gıdalara duyulan ilgide artış yaşanmaktadır. Yumurtanın yerini alabilecek bir ürünün geliştirilebilmesi için söz konusu gıdada benzer besinsel, işlevsel, organoleptik ve reolojik özelliklere sahip bileşenlerin bulunması gerektiği bilinmektedir. Özellikle vegan beslenmeye artan talep, gıda endüstrisinde yumurta içeren gıda ürünlerinin kalitesini bozmayacak yumurta ikamelerinin belirlenmesi üzerine çalışmaların artmasına neden olmaktadır.

Yapılan literatür araştırmasında vegan gıdalarda yumurta yerine kullanılmak üzere birçok alternatif gıda (aquafaba, soya, çiya, baklagiller, muz, müsilağlar, gamlar vs.) olduğu belirlenmiştir. Bununla birlikte, literatürde yumurtanın özellikle keklerde başarılı bir şekilde ikame edilebileceğini gösteren ümit verici çalışmalar bulunmaktadır. Çalışmaların genellikle kek, kurabiye gibi fırıncılık ürünlerinde gerçekleştirildiği görülmektedir. Bu nedenle, diğer yumurta içeren gıdaların vegan gıda olarak değerlendirilebilmesi için yumurta yerine kullanılabilecek alternatifler kullanılarak üretilmesi ve çeşitli özelliklerinin araştırılması önem taşımaktadır.

## KAYNAKÇA

1. Agrahar-Murugkar, D., Zaidi, A., Kotwaliwale, N., Gupta, C. (2016). Effect of egg-replacer and composite flour on physical properties, color, texture and rheology, nutritional and sensory profile of cakes. *J. Food Qual.*, 39, 425-435.
2. Akkan, E. & Bozyiğit, S. (2020). Bir niş pazar olarak Türkiye'deki vegan ürünler: Tüketici bakış açısından keşfedici bir araştırma. *Tüketici ve Tüketim Araştırmaları Dergisi*, 12(1), 101-149.
3. Aksu, S.C. (2023). Aquafabadan üretilen vegan acıbadem kurabiyesinin tüketiciler bakımından duyu analizi ve satın alma niyetinin değerlendirilmesi, *Yüksek Lisans Tezi*, T.C. Necmettin Erbakan Üniversitesi, Konya, 101s.
4. Ali, M.R., & Said, R.M.E. (2020). Assessment of the potential of Arabic gum as an antimicrobial and antioxidant agent in developing vegan “egg-free” mayonnaise. *J. Food Saf.*, 40, 40.
5. Ali, R., Saeed, S.M.G., Ali, S.A., Sayed, S.A., Ahmed, R. & Mobin, L. (2018). Effect of black gram flour as egg replacer on microstructure of biscuit dough and its impact on edible qualities. *J. Food Meas. Charact.*, 12, 1641-1647.
6. Aljobair, M.O. (2022). Effect of chia seed as egg replacer on quality, nutritional value, and sensory acceptability of sponge cake. *J. Food Qual.*, 2022, 9673074.
7. Arozarena, I., Bertholo, H., Empis, J., Bungler, A. & de Sousa, I. (2014). Study of the total replacement of egg by white lupine protein, emulsifiers and xanthan gum in yellow cakes. *Eur. Food Res. Technol.*, 213, 312-316.
8. Aslan, M. & Ertaş, N. (2020). Possibility of using “chickpea aquafaba” as egg replacer in traditional cake formulation. *Harran Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi*, 24(1), 1-8.
9. Atalay, E. & Gökbulut, İ. (2021). Baklagiller: Fonksiyonel özellikleri, sağlık etkileri ve potansiyel kullanımı. *Akademik Gıda*, 19(4), 442-449.
10. Barnes, S., Boersma, B., Patel, R., Kirk, M., Darley-Usmar, V.M., Kim, H., Xu, J. (2000). Isoflavonoids and chronic disease: Mechanisms of action. *BioFactors*, 12, 209-215.
11. Boukid, F. & Gagaoua, M. (2022). Vegan egg: A future-proof food ingredient? *Foods*,

- 11(2), 161-174.
12. Boukid, F. & Pasqualone, A. (2021). Lupine (*Lupinus* spp.) proteins: Characteristics, safety and food applications. *Eur. Food Res. Technol.*, 1, 3.
  13. Chavan, V., Gadhe, K. & Kale, R. (2017). Studies on extraction and utilization of chia seed gel in cupcake as an emulsifier. *Trends in Biosciences*, 10(20), 3986-3989.
  14. Chiang, J.H., Ong, D.S.M., Ng, F.S.K., Hua, X.Y., Tay, W.L.W. & Henry, C.J. (2021). Application of chia (*Salvia hispanica*) mucilage as an ingredient replacer in foods. *Trends in Food Science & Technology*, 115, 105-116.
  15. Cornelia, M., Siratantri, T. & Prawita, R. (2015). The utilization of extract Durian (*Durio zibethinus* L.) seed gum as an emulsifier in vegan mayonnaise. *Procedia Food Sci.*, 3, 1-18.
  16. Damian, J.J., Huo, S. & Serventi, L. (2018). Phytochemical content and emulsifying ability of pulses cooking water. *European Food Research and Technology*, 244(9), 1647-1655.
  17. Eckert, E., Wismer, W., Waduthanthri, K., Babii, O., Yang, J. & Chen, L. (2018). Application of barley and lentil protein concentrates in the production of protein-enriched doughnuts. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 95(8), 1027-1040.
  18. Fernandes, S.S. & Mellado, M.D.L.M.S. (2018). Development of mayonnaise with substitution of oil or egg yolk by the addition of chia (*Salvia Hispânica* L.) mucilage. *J. Food Sci.*, 83, 74-83.
  19. Gallo, L.R. dos R., Assunção Botelho, R.B., Ginani, V.C., de Lacerda de Oliveira, L., Riquette, R.F.R. & Leandro, E. dos S. (2020). Chia (*Salvia hispanica* L.) gel as egg replacer in chocolate cakes: Applicability and microbial and sensory qualities after storage. *Journal of Culinary Science & Technology*, 18(1), 29-39.
  20. Garcia, K., Sriwattana, S., No, H.K., Corredor, J.A.H. & Prinyawiwatkul, W. (2009). Sensory optimization of a mayonnaise-type spread made with rice bran oil and soy protein. *J. Food Sci.*, 74, S248-S254.
  21. Glick-Bauer, M. & Yeh, M.C. (2014). The health advantage of a vegan diet: Exploring the gut microbiota connection. *Nutrients*, 6(11), 4822-4838.
  22. Gülmez, B., Şentürk, M. & Tacer Caba, Z. (2024). Farklı yumurta ikameleri kullanılarak 3D baskı yöntemiyle acıbadem kurabiyesi yapımı ve duyu analizi. *Sofradaki Bilim ve Lezzetteki Sanat: Gastronomiye Kapsamlı Bir Bakış*, 157-176.
  23. Haslubis, M.I. & Arifin, N. (2024). Physical properties, nutritional composition and sensory acceptance of eggless pumpkin muffin prepared using plant-based ingredients. *Journal of Advanced Research Design*, 118(1), 56-71.
  24. He, Y., Purdy, S.K., Tse, T.J., Tar'an, B., Meda, V., Reaney, M.J.T. & Mustafa, R. (2021). Standardization of aquafaba production and application in vegan mayonnaise analogs. *Foods*, 10, 1978.
  25. Hedayati, S. & Tehrani, M.M. (2018). Effect of total replacement of egg by soy milk and lecithin on physical properties of batter and cake. *Food Sci. Nutr.*, 6, 1154.
  26. Hesarinejad, M.A., Rezaiyan Attar, F., Mossaffa, O. & Shokrolahi, B. (2017). The effect of incorporation of *Chlorella vulgaris* into cake as an egg white substitute on physical and sensory properties. *Iran. J. Food Sci. Technol.*, 14, 61-72.
  27. Hess, J.M. (2022). Modeling dairy-free vegetarian and vegan USDA food patterns for nonpregnant, Nonlactating adults. *The Journal of Nutrition*, 152, 2097-2108.
  28. Hoffman, J.R. & Falvo, M.J. (2004). Protein-Which is best? *J. Sports Sci. Med.*, 3, 118-130.
  29. Jarpa-Parra, M., Wong, L., Wismer, W., Temelli, F., Han, J., Huang, W., Eckhart, E., Tian, Z., Shi, K., Sun, T., et al. (2017). Quality characteristics of angel food cake and

- muffin using lentil protein as egg/milk replacer. *Int. J. Food Sci. Technol.*, 52, 1604-1613.
30. Kargar, Z. & Sourki, A.H. (2025). Microwave-assisted extraction enhances Aquafaba functionality: A high value-added egg white replacer in vegan meringue production. *Food Chemistry: X*, 25, 102176.
  31. Karshenas, M., Goli, M. & Zamindar, N. (2018). The effect of replacing egg yolk with sesame-peanut defatted meal milk on the physicochemical, colorimetry, and rheological properties of low-cholesterol mayonnaise. *Food Sci. Nutr.*, 6, 824.
  32. Kim, S.Y., Jung, Y.S., Lee, H.J., Mun, J.I., Kim, S.W., Song, K.Y. & Seo, H. (2024). Development of plant-based egg-white replacer: Improvement of foaming and thermal properties of plant-based proteins. *LWT*, 207, 116611.
  33. Koeder, C. & Perez-Cueto, F.J.A. (2024). Vegan nutrition: A preliminary guide for health professionals. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 64(3), 670-707.
  34. Konak, İ., Kaya, R.D., Yavuz Abanoz, Y., Aslan, M. & Arslan Tontul, S. (2023). Effect of persimmon (*Diospyros kaki* Thunb.) powder and quince (*Cydonia oblonga*) seed mucilage on physical, chemical, textural and sensory properties of Turkish noodles. *Akademik Gıda*, 21(4), 353-360.
  35. Lafarga, T., Villaró, S., Bobo, G. & Aguiló-Aguayo, I. (2019). Optimisation of the pH and boiling conditions needed to obtain improved foaming and emulsifying properties of chickpea aquafaba using a response surface methodology. *International Journal of Gastronomy and Food Science*, 18, 100177.
  36. Lin, M., Tay, S. H., Yang, H., Yang, B. & Li, H. (2017a). Development of eggless cakes suitable for lacto-vegetarians using isolated pea proteins. *Food Hydrocolloids*, 69, 440-449.
  37. Lin, M., Tay, S.H., Yang, H., Yang, B. & Li, H. (2017b). Replacement of eggs with soybean protein isolates and polysaccharides to prepare yellow cakes suitable for vegetarians. *Food Chem.*, 229, 663-673.
  38. Marrone, G., Guerriero, C., Palazzetti, D., Lido, P., Marolla, A., Daniele, F.D. & Noce, A. (2021). Vegan diet health benefits in metabolic syndrome. *Nutrients*, 13(3), 817.
  39. Mozafari, H.R., Hosseini, E., Hojjatoleslami, M., Mohebbi, G.H. & Jannati, N. (2017). Optimization low-fat and low cholesterol mayonnaise production by central composite design. *J. Food Sci. Technol.*, 54, 591.
  40. Mustafa, R., He, Y., Shim, Y.Y. & Reaney, M.J.T. (2018). Aquafaba, wastewater from chickpea canning, functions as an egg replacer in sponge cake. *International Journal of Food Science & Technology*, 53(10), 2247-2255.
  41. Nguyen, T.M.N., Nguyen, T.P., Tran, G.B. & Le, P.T.Q. (2020). Effect of processing methods on foam properties and application of lima bean (*Phaseolus lunatus* L.) aquafaba in eggless cupcakes. *Journal of Food Processing and Preservation*, 44(11).
  42. Nikzade, V., Tehrani, M.M. & Saadatmand-Tarzan, M. (2012). Optimization of low-cholesterol - low-fat mayonnaise formulation: Effect of using soy milk and some stabilizer by a mixture design approach. *Food Hydrocoll.*, 28, 344-352.
  43. Oktay, M. & Kırkın Gözükırmızı, C. (2023). Nohut ve bezelye konserve sularının vegan mayonez üretiminde kullanımı. *Harran Tarım ve Gıda Bilimleri Derg.*, 27(1), 94-102.
  44. Rahmati, N.F. & Tehrani, M.M. (2014). Replacement of egg in cake: Effect of soy milk on quality and sensory characteristics. *Journal of Food Processing and Preservation*, 39(6), 574-582.
  45. Raikos, V., Hayes, H. & Ni, H. (2020). Aquafaba from commercially canned chickpeas as potential egg replacer for the development of vegan mayonnaise: Recipe

- optimisation and storage stability. *Int. J. Food Sci. Technol.*, 55, 1935-1942.
46. Rizzo, G. & Baroni, L. (2018). Soy, soy foods and their role in vegetarian diets. *Nutrients*, 10(1), 43.
  47. Rogers, A., Hahn, L., Pham, V. & Were, L. (2018). Greening in sunflower butter cookies as a function of egg replacers and baking temperature. *Journal of Food Science and Technology*, 55(4), 1478-1488.
  48. Sanusi, A.Z., Oyedele, H.A. & Jibir, M. (2019). Evaluation of tofu replacement levels for egg yolk in mayonnaise production. *FUDMA Journal of Agriculture and Agricultural Technology*, 3(2), 23-28.
  49. Sharma, V., Premi, M., Bansal, V., Bhardwaj, A., Tripathi, N. & Kumar, N. (2024) Effect of flaxseed gel as an egg substitute on the functional properties of cake: A comparative analysis. *J Food Chem Nanotechnol*, 10(S1), S1-S6.
  50. Silva, P.G., Kalschne, D.L., Salvati, D., Bona, E. & Rodrigues, A.C. (2022). Aquafaba powder, lentil protein and citric acid as egg replacer in gluten-free cake: A model approach. *Applied Food Research*, 2, 100188.
  51. Stantiall, S.E., Dale, K.J., Calizo, F.S. & Serventi, L. (2018). Application of pulses cooking water as functional ingredients: The foaming and gelling abilities. *European Food Research and Technology*, 244(1), 97-104.
  52. Viana, A., Ethur, E.M., de Freitas, E.M. & Hoehne, L. (2023). Chicken eggs substitute using vegetable origin - A review. *Food and Bioprocess Technology*, 16, 1652-1667.
  53. Wang, Z., Klipfell, E., Bennett B. J. et al. (2011). Gut flora metabolism of phosphatidylcholine promotes cardiovascular disease. *Nature*, 472(7341), 57-63.
  54. World Health Organization (WHO). (2022). Report of the technical consultation on measuring healthy diets: Concepts, methods and metrics. Virtual meeting, 18-20 May 2021. ISBN 978-92-4-004027-4. <https://www.who.int/publications/> (Erişim tarihi: 28.02.2025)
  55. Yazıcıoğlu, N. (2024). Utilization of green lentil wastewater as egg replacer in green lentil flour based muffins. *J Food Sci Technol*, 61(8), 1503-1515.

## AN OVERVIEW OF VALUE-ADDED PROCESSED SEAFOOD IN TURKISH MARKETS FOR CONSUMPTION

Berna KILINÇ<sup>1</sup>, İrem KILINÇ<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>Faculty of Fisheries, Fish Processing Technology Department, Ege University, 35100 Bornova-Izmir, Türkiye.

<sup>2</sup>Faculty of Fisheries, Kâtip Çelebi University, 35620 Çiğli-Izmir, Türkiye.

### Abstract

With the world's population is increasing, the demands of quality protein resources are increasing. Ensuring everyone has enough healthy food means making the best use of our available food resources. For this reason, it is very important to develop and offer new products for sale in order to increase the consumption of aquatic products and consumer preferences. This situation will lead to the production of value-added products, increasing consumption preferences, as well as providing economic benefits. Value-added aquaculture products are increasing gradually in Türkiye as in every country and are offered for sale in markets in the form of different processed aquaculture products. These value-added products are processed into fish fillets, smoked, canned products, stuffed mussels, fish paste, fish sandwiches, various seafood salads (octopus, shrimp, squid) salads, lakerda, fish eggs, fish sausages, fish fingers and fish marinates. In addition, various surimi and onigiri products are also sold in grocery stores. As frozen (various fish fillets, various aquaculture products (octopus, shrimp, squid), fish panes, fish nuggets, mussels, stuffed mussels, etc.) can be given as an example. In recent years, it has been sold ready-to-eat (fish soups, grilled fish etc.). It is estimated that in the future, the variety of these processed fish products will increase even more, and products in different formulations will be placed in grocery stores. It is also estimated that economic marine products produced in different formulations will increase the favorability and consumption of marine products for consumers of all ages and especially children.

**Keywords:** Value-added seafood, seafood consumption, turkish consumers' seafood demand

### INTRODUCTION

Seafood defines itself as a distinctly diverse group of biological animals, including fish and shellfish, which are consumed and distributed worldwide. Shellfish are classified into crustaceans and molluscs. Crustaceans include crabs, shrimp and lobsters, while molluscs include octopus, oysters and pila. Today, consumers are looking forward to consuming low-fat diet foods to keep themselves healthy. Unlike normal foods, marine products such as fish has a high nutritional value (Singh et al., 2022). Fish is a rich source of easily digestible protein, which also provides polyunsaturated fatty acids, vitamins and minerals for human nutrition (Venugopal et al., 2009). Today, there has been an increase in the consumption of fish as well as fish-derived products such as fish eggs and products made from fish (crab sticks and surimi-derived products), which constitute alternative ways of introducing fish into the diet (Fernandez-Bautista et al., 2024). Besides fish and marine products consumption, there has been great interest in natural bioactive compounds from marine organisms as functional

supplements due to their numerous beneficial effects, such as cardiovascular, anticancer and antidiabetic agents; prevention of obesity; proper brain functioning; etc. (Dash et al., 2022).

Added value is one of the most convenient ways to increase the profitability of the fish processing industry. Various new technologies are emerging to produce various value-added products from food. The availability and careful evaluation of the technology have helped to increase the economic feasibility aspects, including distribution, marketing, quality assurance and trade barriers, before starting the fish process of adding a value (Veerapandi et al., 2019). Indeed, the main challenge is to invent a new technology that can ensure sustainability and be economically justified. The goal has to be investigated how much profit you make from high-value-added products (Runge et al., 2017). Value-added fish products were divided into different categories a) minced meat or minced meat-based products b) battered and breaded or coated products and c) surimi-based products (Datta et al., 2013). Added value has opened a new area for the profitable use of game and low-value fishing catches. Since these products have a high-value fish-based coating, the products can offer good dividends to everyone in the economic activity, production and distribution network. All these products have good product characteristics that attract consumers from various segments of our society. They fall into the category of ready-to-eat or ready-to-cook value-added products with good taste and health benefits (Anonymus, 2024). Value-added production has been reported to be just one of many possible strategies that should be considered by a company or a policymaker. In order to achieve the optimal long-term strategy, alternative uses of the relevant economic resources should be evaluated (Datta et al., 2015). Furthermore, with the increasing population in the world, people's need for food is also increasing. Therefore, it is of great importance to increase the existing sources of animal protein or make them available for human consumption to use different methods (Dağtekin et al., 2022). For this purpose, the aim of this study was to evaluation and overview of value-added processed seafood in Turkish markets for consumption.

### **Consumer Preferences and the Evolution of Processed Seafood Products**

Changing lifestyle and increasing income have set a new trend in the demand for quality food, among the consumers. Given the increasing awareness of nutritious nutrition and health, the necessity of introducing a strict diet quality control, added value and consumer attractiveness have gained importance in food products (Palathra, 2019). The findings of one highlighted the influence of shape, color and educator motivation on children's preferences and a strategic approach to developing fish-based preschool meals that could promote healthier eating habits among children (Jia et al., 2025). Value-added fish products refer to processed or converted fish products that increase in value, convenience or attractiveness compared to their raw or unprocessed forms. These products usually go through various techniques such as preservation, flavor enhancement, proper packaging or culinary preparations. Low-value fish minced meat has been used to prepare high-value products such as fish cutlets, fish balls, fish fingers and fish sausages, fish fillets, fish patties with good potential (Pawar, 2023). Producing seafood in pre-processed, industrial quantities offered a more cost-effective solution. The demand for pre-processed fresh fishing products is increasing due to the convenience of subsequent processing and cooking. However, when stored incorrectly, the combined effects of microbial degradation and chemical reactions render them inedible, leading to significant food waste. To solve this problem, various approaches have been proposed, for which processing

provides a promising solution with a green approach (Eranda et al., 2024). The development of fish-based products can meet the desires of consumers related to sensory, nutritional and comfort aspects (Presenza et al., 2022). However, it is reported to be an important to convince consumers that its controlled addition can give a challenging new taste or flavor to existing foods, which is worth experiencing by the traditional consumer or those looking for a new innovative food formulation (Giatrakou et al., 2023).

Convenience style in the last 20 years, ready to eat (RTE), ready to cook (RTC) and service, etc. The development of food product ranges in the fields has been important. As the product range grows, each of which offers more convenience to the consumer, it has had to keep up with the demand for new processing and packaging technologies, and some interesting developments have emerged (Walsh and Kerry, 2012). Besides, RTE and RTC cooled products is expanding rapidly with people's changing lifestyles. In addition, the health benefits provided by these food products have further expanded by increasing the attention of consumers. Improving the processing methods adopted in the industry should maintain the nutritional quality as well as sensory characteristics of RTE products while ensuring consumer satisfaction (Chandrasekara and Shahidi, 2015). What consumers demand today are ready-to-eat and ready-to-cook, quality food products (Marchetti et al., 2022). While products are being developed to meet consumer demands in Türkiye, the risk and benefit analysis of these products is also becoming an important issue.

### **Evaluating Risks and Benefits in Processed Seafood Products**

The consumption of processed seafood, while offering convenience and nutritional benefits, necessitates a careful evaluation of associated risks and advantages. Enhanced processing methods play a crucial role in mitigating potential hazards while maximizing the positive attributes of seafood products. This balance between safety and quality is paramount in ensuring consumer confidence and promoting the sustainable growth of the processed seafood industry. A variety of analytical studies were implemented, using different seafood products and processing approaches, to achieve detection. The results of one study showed that the frying temperature and duration significantly could be affected the wheat starch properties and fat distribution, thereby leading to fat absorption (Feng et al., 2024). Reduced fat content of fried batter-breaded fish nuggets by adding dietary fibers: Insight into wheat starch and gluten conformations, fiber properties and anti-fat absorption capacities were studied. This study was indicated as a significant potential for application in the food industry, which not only provided a theoretical support for reducing the fat content of fried bread foods, but also served as a reference for the development of quality characteristics in food processing related to food-derived dietary fiber (Feng et al., 2025). Dietary exposure and human health risks associated with the consumption of fried and grilled fish products were evaluated for the fish-eating population, and the entire population. In the study, mitigation strategies aimed at reducing PAHs and PCBs in the identified fish products were proposed. In addition, the cancer risk of grilled and fried fish products evaluated for the fish-eating population was compared with the raw fish cancer risk calculated based on peer-reviewed literature. The study also highlighted the need for in-depth research on PAHs and PCB formation in grilled and fried fish products (Abhishek et al., 2025). Indeed, fish are mainly processed by grilling, smoking and smoking-drying. Recent studies have revealed that conventional equipment leads to high contamination of end

products by polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHS) (Assogba et al., 2024). Another study evaluated the effect of cooking and using conditions on the amount of furanic compounds (furan, 2-furfural, furfuryl alcohol, 2-pentylfuran, 5-hydroxymethylfurfural) in breaded fish products. The formation of furanic compounds were reported to be minimized by adjusting the cooking method and conditions, such as using an electric oven, deep frying at 160 ° C for 4 minutes in sunflower oil, or waiting 10 minutes after cooking. However, these conditions, which reduced the levels of furanic compounds, also indicated to be reduced the content of volatile compounds related to the aroma and aroma of fried foods (Perez-Palacios et al., 2013). In addition to this, N-Nitrosamines (NAs) also has been posed a threat to food safety due to their carcinogenic and mutagenic properties. The analytical method developed in this study were reported to be used to monitor NAs, which have been considered a carcinogenic substance in processed meat, processed fish meat as well as salted fish products (Lee et al., 2024). Moreover, trace metals in fish have been indicated to be play different important roles for both the fish itself and the people who consumed them. However, some of these metals have also been toxic at low concentrations and considered a health hazard. The effect of domestic heat treatment techniques (cooking, frying and smoking) on trace metal concentration and the potential risk associated with the consumption of these metals in fish have been also found (Iniaghe et al., 2024). For these reasons, analysis and optimization should be provided for food safety and quality in the production of ready-to-eat and ready-to-cook seafood sold in markets.

### **Ready-to-Eat Processed Seafood Products**

The burgeoning population of older adults and the fast-paced lifestyles of modern consumers have fueled the demand for ready-to-eat (RTE) seafood products (Martins et al., 2025; Cabo et al., 2024; Binti et al., 2024). RTE seafood, characterized by its convenience and minimal processing, is particularly prevalent in high-income countries (Herrera et al., 2016). Examples include abalones, scallops, and oysters processed through a combination of cooking, drying, vacuum packaging, and high-temperature sterilization, ensuring microbial safety and extended shelf life (Luo et al., 2025). While determining the shelf life is important, it is also necessary to determine the nutritional analysis of these seafood products. Nutritional analysis of RTE meals reveals a tendency towards high fat, protein, and sodium content, highlighting the need for further research into micronutrient composition and the long-term dietary impact of these products (AlOudat et al., 2021). Interventions aimed at improving the nutritional profile of RTE meals are essential to address public health concerns. Marinades, prepared using solutions of sugar, spices, oil, plant extracts, and acids, not only enhance flavor but also extend the shelf life of fish products (Behera et al., 2020; Fernandes, 2018). Seafood salads, gaining popularity due to health trends and busy schedules, represent a convenient and nutritious RTE option (Zhou et al., 2021; Osaili et al., 2023; Hwang and Tamplin, 2005). Lakerda, a traditional salted bonito, and gravlax, a cured fish product, exemplify the diverse preservation techniques employed in RTE seafood production (Altan et al., 2022). Surimi, a versatile intermediate product derived from minced and washed fish meat, plays a pivotal role in the production of various RTE seafood items (Bozova and Çetinkaya, 2019; Dağtekin, 2022). Cryoprotectants, such as sugar, sorbitol, and polyphosphate, are essential for preserving the myofibrillary proteins in surimi during frozen storage. Techniques for reducing fish odor in surimi and pre-processed fillets include purification, rinsing, and the use of exogenous substances, thermal and non-thermal



processing methods, and advanced packaging (Zhang et al., 2023). Dried and smoked fish products, increasingly popular for their convenience and unique flavor profiles, include nutritious rice balls filled with dried fish powder (Binti et al., 2024). However, concerns regarding microbiological and sanitary quality, as well as the presence of contaminants like cadmium and PAHs, necessitate stringent quality control measures (Maiwore et al., 2021; Ouedraogo et al., 2025; Nanaobi et al., 2024). Fish cakes, combining fish and potatoes, are another popular RTE option (Veerapandi et al., 2019). Fermented fish products, such as Chepa shutki, require standardized processing methods to ensure consistent quality and safety (Farhana et al., 2025). Seafood soy sauce, enriched with fish hydrolysate, offers a natural alternative to MSG, enhancing umami flavor (Ruan et al., 2022; Prihanto et al., 2024). Fish paste from pelagic species provides a protein-rich and versatile RTE ingredient (Vargas et al., 2024). Microbiological quality in fish sandwiches is closely linked to food handler hygiene, emphasizing the importance of training and adherence to sanitation guidelines (Jang et al., 2013). Canned fish, a widely available and practical RTE product, faces challenges related to foodborne illnesses, necessitating a comprehensive "sea to fork" approach to ensure consumer safety and product integrity (Gouvea et al., 2023; Vannini and Siroli, 2025; Herrera et al., 2016). In light of this information, there is a need for more studies on ready-to-eat processed seafood products, which are available in Turkish markets and have become an increasing trend with consumer awareness.

### **Ready-to-Cook Processed Seafood Products**

The relentless surge in demand for ready-to-cook (RTC) seafood products reflects a global shift towards convenience and efficiency in food preparation. However, traditional freezing, a cornerstone of preservation, often compromises the delicate texture and flavor of fish, leading to quality degradation (Gautam et al., 2025). This challenge underscores the need for advanced freezing technologies and alternative preservation methods that maintain product integrity. Fish fillets, a quintessential RTC item, face a dual challenge: meeting consumer expectations for quality while addressing the escalating costs associated with premium species. Research is increasingly focused on harnessing the potential of fish by-products, such as trimmings and viscera, to create value-added products and reduce waste (Dawson et al., 2025). This approach not only enhances sustainability but also unlocks new revenue streams for the fishing industry. Tilapia, prized for its mild flavor, white flesh, and nutritional profile, has emerged as a versatile ingredient in RTC fish balls. To extend shelf life and ensure microbial safety, innovative technologies like gamma irradiation (engel technology) are employed, demonstrating remarkable efficacy under refrigerated storage (Gautam et al., 2025). The development of fish balls has also been propelled by the utilization of optimized fish protein hydrolysates derived from amberjack and mullet by-products. This process, involving enzymatic breakdown of proteins, enhances digestibility and functionality, resulting in innovative products that contribute to a circular economy (Pinheiro et al., 2024). Furthermore, the incorporation of moringa leaf powder (MLP) into pangas fish balls highlights the growing trend of fortifying seafood with functional ingredients. MLP, rich in antioxidants and nutrients, elevates the nutritional value of the product, catering to health-conscious consumers (Isra et al., 2024). Battered and breaded products, including fish nuggets and sausages, remain perennial favorites. The pursuit of healthier alternatives has led to the development of a rice flour-based emulsifier

for fish nuggets, replacing traditional deep frying. This innovative approach allows for precise control over lipid content and delays lipid oxidation, resulting in a product with improved nutritional attributes and extended shelf life (Oppong et al., 2022). Millet flour, a gluten-free and nutrient-rich grain, has been identified as an ideal substitute for conventional flours in fish sausage formulations (Elavarasan et al., 2024). To combat fatty acid oxidation during cold storage, nanoemulsions encapsulated with tocopherol, a potent antioxidant, are employed, effectively preserving the quality and sensory characteristics of fish sausages (Feng et al., 2020). Fish soup, a culinary staple across cultures, offers a comforting and nutritious meal option. Enhancing the flavor profile of tilapia fish head soup through the addition of lipid oxidation products and cysteine exemplifies the application of food chemistry principles to improve sensory appeal (Fu et al., 2023). Fish meal, produced through solvent extraction, serves as a valuable protein supplement in a wide array of food products, including baked goods and soups (Veerapandi et al., 2019). The application of plant extract mixtures to fish fingers has demonstrated significant potential in extending shelf life under cold storage, offering a natural alternative to synthetic preservatives (Abdel-Wahab et al., 2020). Additionally, the development of innovative fish burgers using undervalued species like Atlantic bonito, enriched with chickpeas, seaweed, and hydrocolloids, underscores the industry's commitment to sustainability and nutritional enhancement (Solinho et al., 2025). It is important to develop R&D-innovation products that increase the social acceptability and public awareness of ready-to-cook processed seafood products that are suitable for Turkish gastronomy taste in Turkish markets. In addition, the correct thawing of these products and their preparation with the correct cooking technique are very important to preserve the nutritional value and minimize the formation of harmful components.

## CONCLUSION

This overview highlights the significant role of value-added seafood products in meeting the evolving demands of consumers worldwide, particularly within the Turkish market. Driven by increasing health consciousness, changing lifestyles, and a desire for convenience, the seafood industry is witnessing a surge in the development and consumption of diverse processed products. Due to the growing preference for diets emphasizing low fat and high protein, fish and other seafood have become recognized as highly nutritious foods. Value-added processing, encompassing techniques like mincing, battering, surimi production, and fermentation, not only enhances the appeal of seafood but also extends its shelf life and addresses food waste concerns. The Turkish market, like others, is seeing a proliferation of ready-to-cook and ready-to-eat seafood options, including fish fillets, balls, nuggets, sausages, salads, and surimi-based products. However, challenges remain. Ensuring the safety and quality of these products is paramount. Concerns regarding contaminants like PAHs, PCBs, trace metals, and N-Nitrosamines necessitate rigorous quality control and the adoption of innovative processing technologies that minimize harmful compounds. Furthermore, maintaining the nutritional integrity and sensory attributes of processed seafood is crucial for consumer acceptance. The industry must also prioritize sustainability and economic viability. Utilizing by-products, exploring novel processing methods, and optimizing resource utilization are essential for maximizing profitability while minimizing environmental impact. Research and development efforts should focus on creating healthier, safer, and more convenient seafood products that cater to diverse consumer preferences. In essence, the future of the seafood industry lies in its ability to innovate and adapt. By embracing new technologies, prioritizing quality and safety, and promoting sustainable practices, the industry can continue to provide nutritious and appealing seafood products that meet the growing global demand. The Turkish market, with its rich seafood resources and evolving consumer landscape, is well-positioned to capitalize on these opportunities and contribute to the advancement of the value-added seafood sector.

## REFERENCES

- Abdel-Wahab, M., El-Sohaimy, S.A., Ibrahim, H.A., El-Makarem, H.S.A. (2020). Evaluation the efficacy of clove, sage and kiwifruit peels extracts as natural preservatives for fish fingers, 65(1), 98-106. <https://doi.org/10.1016/j.aoas.2020.06.002>
- Abhishek, A., Chakkaravarthi, S., Agarwal, T. (2025). Fish consumption patterns and health risk assessment of polycyclic aromatic hydrocarbons and polychlorinated biphenyls in fried and grilled fish products and mitigation strategies. *Toxicology Reports*, 14, 101953, <https://doi.org/10.1016/j.toxrep.2025.101953>
- Al-Oudat, M., Magyar, N., Simon-Sarkadi, L., Lugasi, A. (2021). Nutritional content of ready-to-eat meals sold in groceries in Hungary. *International Journal of Gastronomy and Food Science*, 24, 100318. <https://doi.org/10.1016/j.ijgfs.2021.100318>
- Altan, C.O., Köstekli, B., Çorapçı, B., İpar, M.S., Kocatepe, D., Turan, H. (2022). The sensory characteristics, nutritional profile and physical changes of the Atlantic bonito (*Sarda sarda* Bloch, 1793) gravlax: Effect of dill (*Anethum graveolens*) and garden cress (*Lepidium sativum*). *International Journal of Gastronomy and Food Science*, 28, 100490. <https://doi.org/10.1016/j.ijgfs.2022.100490>
- Assogba, M.F., Ahouansou, R.H., Djohi, N.O.R., Kpoclou, Y.E., Anihouvi, G.D., Afe, H.O.I., Tchiboza, B.F., Doung, C., Mahillon, J., Scippo, M.L., Hounhouigan, D.J., Anihouvi, V.B. (2024). Development of innovative technology reducing the levels of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons in grilled meat and smoked fish. *Journal of Food Composition and Analysis*, 125, 105773. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2023.105773>
- Anonymus, (2024). Unit 12 Value Addition. <https://egyankosh.ac.in/bitstream/123456789/9798/1/Unit-12.pdf>.
- Behera, S.S., Madathil, D., Verma, S.K., Pathak, N. (2020). Seafood marination-A review. *International Archive of Applied Sciences and Technology*, 11(3), 165-168. <http://dx.doi.org/10.15515/iaast.0976-4828.11.3.165168>
- Binti, N.T., Hasan, M.M., Hossain, M.I., Shikha, F.H. (2024). Dried fish-filled rice ball: A new ready-to-eat product, consumer preferences and nutritional aspects. *Applied Food Research*, 4(1), 100415. <https://doi.org/10.1016/j.afres.2024.100415>
- Bozova, B., Çetinkaya, S. (2019). Surimi and Surimi-Based Products. Conference: 2nd International Symposium on Limnology and Freshwater Fisheries. At: Elazığ, Turkey, 03-05 September, p. 87.
- Cabo, M.L., Rodriguez-Lopez, P.R., Bernardez, M. (2024). Physicochemical, microbiological and metagenetic analyses of a novel, blue economy-based, ready-to-eat (RTE) product. *LWT*, 208, 116748. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2024.116748>
- Chandrasekara, A., Shahidi, F. (2015). 18-The use of antioxidants in ready-to-eat (RTE) and cook-chill food products. *Handbook of Antioxidants for Food Preservation*, Woodhead Publishing Series in Food Science, Technology and Nutrition, 433-446. <https://doi.org/10.1016/B978-1-78242-089-7.00018-X>
- Dağtekin, B.B.G. (2022). Surimi Technology and New Techniques Used For Surimi-Based Products. *Aquatic Food Studies*, 2(1), AFS105. <https://doi.org/10.4194/AFS105>

- Datta, S. (2013). Value Added Fish Products. In book: Fish Processing and Value Added Fish Products Edition: 3rd Chapter: Value Added Fish Products Publisher: Director, Central Institute of Fisheries Education, Mumbai, India Editors: B. K. Mahapatra, G.H. Pailan, Subhendu Datta, P. Sardar, S. Munilkuma. 1-28.
- Datta, S. (2015). Prospects of Value Added Products and It's Future in Indian Market. 1-33. <http://courseware.cutm.ac.in/wp-content/uploads/2020/05/Prospectsofvalueaddedproducts.pdf>
- Dawson, B.R., Mantzioris, E., Connell, S.D., Nagelkerken, I., Hall, T., Mellin, C. (2025). Fish by-products as reliable proxies to evaluate nutritional fatty acid contents in commercial fish fillets. *Food Chemistry*, 466, 142223. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2024.142223>
- Elavarasan, K., Malini, M., Ninan, G., Ravishankar, C.N., Dayakar, B.R. (2024). Millet flour as a potential ingredient in fish sausage for health and sustainability. *Sustainable Food Technology*, 2(4), 1088-1100. <https://doi.org/10.1039/d4fb00067f>
- Eranda, D.H.U., Chaijan, M., Uysal-Unalan, I., Panpitat, W., Naik, A.S., Dib, A.L., Karnjanapratum, S., Gagaoua, M. (2024). Biopreservation of pre-processed fresh fish by bio-based coatings: A single strategy with multiple benefits towards waste prevention. *Food Bioscience*, 58, 103696. <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2024.103696>
- Farhana, J.A., Schoustra, S.E., Ahamed, F., Zwaan, B., Mastright, O.V. (2025). The production process of chepa shutki: A traditional Bangladeshi fermented fish product. *Heliyon*, 11(2), e41972. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2025.e41972>
- Feng, J., Chen, J., Chen, C., Peng, L., Zhang, P., Liu, G. (2024). Insight into wheat starch characteristics and fat absorption of breaded fish nuggets during frying. *Journal of Food Engineering*, 366, 111855. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2023.111855>
- Feng, J., Chen, J., Zhai, J., Zhang, P., Peng, L. (2025). Reduced fat content of fried batter-breaded fish nuggets by adding dietary fibers: Insight into wheat starch and gluten conformations, fiber properties and anti-fat absorption capacities. *Food Chemistry*, 463, 2, 141251. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2024.141251>
- Feng, X., Tjia, J.Y.Y., Zhou, Y., Liu, Q., Fu, C., Yang, H. (2020). Effects of tocopherol nanoemulsion addition on fish sausage properties and fatty acid oxidation. *LWT*, 118, 108737. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2019.108737>
- Fernandez, C. 2018. The effect of different marination procedures on the quality of dried Blue whiting (*Micromesistius poutassou*). Nations University Fisheries Training Programme, Iceland [final project]. <http://www.unuftp.is/static/fellows/document/carina16prf.pdf>
- Fernandez-Bautista, T., Gomez-Gomez, B., Gracia-Lor, E., Perez-Corona, T., Madrid, Y. (2024). Selenium Health Benefit Values and Hg and Se speciation studies for elucidating the quality and safety of highly consumed fish species and fish-derived products. *Food Chemistry*, 435, 137544. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2023.137544>
- Fu, H., Feng, Q., Qiu, D., Shen, X., Li, C., He, Y., Shang, W. (2023). Improving the flavor of tilapia fish head soup by adding lipid oxidation products and cysteine. *Food Chemistry*, 429, 136976. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2023.136976>
- Gautam, R.K, Kakatkar, A.S., Debbarma, A., Mishra, P.K., Kumar, V., Shashidhar, R., Chatterjee, S. (2025). Shelf-life extension of ready-to-cook Tilapia (*Oreochromis spp.*) fish balls using hurdle technology. *Food Bioscience*, 63, 105739. <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2024.105739>

Gitrakou, V.I., Al-Daour, R., Savvaidis, I.N. (2023). Chapter 9-Chitosan and hurdle technologies to extend the shelf life or reassure the safety of food formulations and ready-to-eat/cook preparations/meals. *Chitosan: Novel Applications in Food Systems*, 279-326. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-821663-7.00009-0>

Gouvea, F.J., Oliveira, V.S., Mariano, B.J., Takenaka, N.A.R., Gamallo, O.D., Ferreira, M.S., Saldanha, T. (2023). Natural antioxidants as strategy to minimize the presence of lipid oxidation products in canned fish: Research progress, current trends and future perspectives. *Food Research International*, 173, Part 1, 113314. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2023.113314>

Herrare, J.J.R. (2016). Chapter 13-Safety of ready-to-eat seafood. *Food Hygiene and Toxicology in Ready-to- Eat Foods*, 225-240. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-801916-0.00013-3>

Hwang, C.A., Tamplin, M.L. (2005). The influence of mayonnaise pH and storage temperature on the growth of *Listeria monocytogenes* in seafood salad. *International Journal of Food Microbiology*, 102(3), 277-285. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2004.11.019>

Iniaghe, P.O., Osioma, E., Iniaghe, F.O. (2024). Effect of domestic heat processing techniques on the trace metals concentration in imported frozen fish products in Bayelsa State, Nigeria, and health risk assessment. *Journal of Trace Elements and Minerals*, 9, 100129. <https://doi.org/10.1016/j.jtemin.2024.100129>

Isra, L., Ali, M.S., Salma, U., Rahman, M.A., Haq, M. (2024). Physical, nutritional, and sensory characterization of pangas (*Pangasianodon hypophthalmus*) fish ball incorporated with moringa leaves powder. *Food Chemistry Advances*, 4, 100715. <https://doi.org/10.1016/j.focha.2024.100715>

Jang, H.G., Kim, N.H., Choi, Y.M., Rhee, M.S. (2013). Microbiological Quality and Risk Factors Related to Sandwiches Served in Bakeries, Cafés, and Sandwich Bars in South Korea. *Journal of Food Protection*, 76, 2, 231-238. <https://doi.org/10.4315/0362-028X.JFP-12-335>

Jia, H., Fuka, Z., Hora, J., Maresova, M., Adamkova, V., Roy, K., Mraz, J. (2025). Improving future fish consumption: A case study on developing fish products for preschool children. *Aquaculture Reports*, 40, 102647. <https://doi.org/10.1016/j.aqrep.2025.102647>

Lee, H.J., Jung, Y.S., Seo, D., Kim, E., Yoo, M. (2024). Development and validation of QuEChERS-based LC-MS/MS method for simultaneous quantification of eleven N-nitrosamines in processed fish meat, processed meat, and salted fish products. *Food Chemistry*, 459, 140281. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2024.140281>

Luo, Y., Zeng, X.B., Hu, Y.Y., Li, D.Y., Liu, X.Y., Liu, Y.X., Zhou, D.Y. (2025). Differences and mechanisms of color deterioration in three types of ready-to-eat shellfishes during storage. *Food Chemistry*, 469, 142459. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2024.142459>

Maiwore, J., Ngoune, L.T., Koumba, M.K., Metayer, I., Montet, D., Durand, N. (2021). Determination of bacterial population and the presence of pesticide residues from some Cameroonian smoked and dried fish. *Scientific African*, 13, e00886. <https://doi.org/10.1016/j.sciaf.2021.e00886>

Marchetti, M.D., Tomac, A., Yeannes, M.I., Loredo, A.B.G. (2022). Comprehensive analysis of vacuum application in desalting lean white fish to develop a highly acceptable ready-to-use product. *LWT*, 163, 113527. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2022.113527>

- Martins, I.B.A., Alcantara, M., Torrezan, R., Tonon, R.V., Matta, V.M., Deliza, R. (2025). Investigating the eating patterns and expectations for the 60+: Insights for the development of new “ready-to-eat” products. *Food Quality and Preference*, 126, 105423. <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2024.105423>
- Nanaobi, H., Sarojnalini, C., Naganathan, D. (2024). Determination of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons in Smoked Fishes and Their Carcinogenic Health Risks. *Polycyclic Aromatic Compounds*, In Press, <https://doi.org/10.1080/10406638.2023.2257833>
- Oppong, D., Panpipat, W., Cheong, L.Z., Chaijan, M. (2022). Rice flour-emulgel as a bifunctional ingredient, stabiliser-cryoprotectant, for formulation of healthier frozen fish nugget. *LWT*, 159, 113241. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2022.113241>
- Ouedraogo, A., Cisse, H., Bazie, B.S.R., Ouedraogo, G.A., Djopnang, D.J., Ouedraogo, H.S., Kone, S., Tagne, A., Tchoumboungang, F., Zongo, C., Savadogo, A. (2025). Mineral elements contents and associated health risk in dried and smoked fish consumed in Ouagadougou, Burkina Faso. *Journal of Food Composition and Analysis*, 140, 107181. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2024.107181>
- Palathra, A.J. (2019). A Study on the value added seafood products with special reference to Matsyafed. *International Journal of Research and Analytical Reviews IJRAR*, 6(2), 195-213.
- Pawar, R. (2023). Value added fish products. <https://zoolibs.com/value-added-fish-products/>. (Access date: 20.02.2025).
- Perez-Palacios, T., Petisca, C., Henriques, R., Ferreira, I.M.P.L.V.O. (2013). Impact of cooking and handling conditions on furanic compounds in breaded fish products. *Food and Chemical Toxicology*, 55, 222-228. <https://doi.org/10.1016/j.fct.2012.12.058>
- Pinheiro, A.C.A.S., Schouten, M.A., Tappi, S., Gottardi, D., Barbieri, F., Ciccone, M., Amadei, S., Tylewicz, U., Patrignani, F., Rocculi, P. (2024). Strategies for the valorization of fish by-products: Fish balls formulated with mechanically separated amberjack flesh and mullet hydrolysate. *LWT*, 209, 116724. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2024.116724>
- Prezenza, L., Fabricio, L.F.F., Galvao, J.A., Vieira, T.M.F.S. (2022). Simplex-centroid mixture design as a tool to evaluate the effect of added flours for optimizing the formulation of native Brazilian freshwater fish burger. *LWT*, 156, 113008. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2021.113008>
- Prihanto, A.A., Umam, N.I., Bangun, J.D.G. (2024). Unveiling the Secrets of Indonesian fermented Fish: Characteristics of lactic acid bacteria, roles, and potential in product development. *Food Bioscience*, 61, 104629. <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2024.104629>
- Ruan, L., Ju, Y., Zhan, C., Hou, L. (2022). Improved umami flavor of soy sauce by adding enzymatic hydrolysate of low-value fish in the natural brewing process. *LWT*, 155, 112911. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2021.112911>
- Runge, K., Blumberga, A., Blumberga, D. (2017). Bioeconomy Growth in Latvia. System-dynamics Model for High-value Added Products in Fisheries. *Energy Procedia*, 113, 339-345. <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2017.04.075>
- Singh, M.V.P., Sanjuvikasini, V., Shruthi, S., Rajamehala, M., Chozhavendhan, S. (2022). Chapter 23-Value-added seafood products processing through novel enzyme. *Value-addition in Food Products and Processing Through Enzyme Technology*, 309-320. <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-89929-1.00013-5>

Solinho, J., Gonçalves, S., Machado, S., Pereira-Pinto, R., Vazquez, M., Pinheiro, R. (2025). Development of nutritionally enhanced fish burgers: Integrating Atlantic bonito (*Sarda sarda*) with seaweed and hydrocolloids for sustainable food innovation. *LWT*, 215, 117247. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2024.117247>

Osaili, T.M., Hasan, F., Al-Nabulsi, A.A., Olaimat, A.N., Ayyash, M., Obaid, R.S., Holley, R. (2023). A worldwide review of illness outbreaks involving mixed salads/dressings and factors influencing product safety and shelf life. *Food Microbiology*, 112, 104238. <https://doi.org/10.1016/j.fm.2023.104238>

Vannini, L., Siroli, L. (2025). Chapter 12-Canned and heat preserved foods. *The Microbiological Quality of Food (Second Edition)*. Foodborne Spoilers. Woodhead Series in Food Science, Technology and Nutrition, 261-271. <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-91160-3.00010-6>

Vargas, J.H.L., Ramirez, A.P.M., Trivino, A.P.R., Simal-Gandara, J. (2024). Potential applications of carduma (*Cetengraulis mysticetus*) and plumua (*Opisthonema* sp.) fish paste for the development of a leberkäse (liver loaf) fish product: Physicochemical and functional properties. *Heliyon*, 10 (7), e28939. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e28939>

Veerapandi, L., Karthickumar, P., Balasundari, S. (2019). Exploring The Possibilities of Production of Value Added Fish Products. [https://www.researchgate.net/publication/350430657\\_Exploring\\_The\\_Possibilities\\_of\\_Production\\_of\\_Value\\_Added\\_Fish\\_Products](https://www.researchgate.net/publication/350430657_Exploring_The_Possibilities_of_Production_of_Value_Added_Fish_Products) [accessed Feb 20 2025].

Walsh, H., Kerry, J.P. (2012). 15-Packaging of ready-to-serve and retail-ready meat, poultry and seafood products. *Advances in Meat, Poultry and Seafood Packaging*, Woodhead Publishing Series in Food Science Technology and Nutrition, 406, 436. <https://doi.org/10.1533/9780857095718.3.406>

Zhang, H., Xiong, S., Yu, X., An, Y. (2023). Fishy odorants in pre-processed fish fillet and surimi products made from freshwater fish: Formation mechanism and control methods. *Trends in Food Science & Technology*, 142, 104212. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2023.104212>

Zhou, W.Y., Sun, S.F., Zhang, Y.S., Hu, Q., Zheng, X.F., Yang, Z.Q., Jiao, X.A. (2021). Isolation and Characterization of a Virulent Bacteriophage for Controlling *Salmonella* Enteritidis Growth in Ready-to-Eat Mixed-Ingredient Salads. *Journal of Food Protection*, 84(9), 1629-1639. <https://doi.org/10.4315/JFP-20-460>



## INNOVATION IN SEAFOOD INDUSTRY: THE ROLE OF EMERGING TECHNOLOGIES IN PROCESSING

İrem KILINÇ<sup>1\*</sup>, Berna KILINÇ<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Faculty of Fisheries, Kâtip Çelebi University, 35620 Çiğli-Izmir, Türkiye.

<sup>2</sup>Faculty of Fisheries, Fish Processing Technology Department, Ege University, 35100 Bornova-Izmir, Türkiye.

### Abstract

This comprehensive review explores the landscape of advanced seafood processing technologies, encompassing both thermal and non-thermal methods, aimed at preserving quality, ensuring safety, and extending shelf life. Seafood's inherent perishability necessitates innovative preservation techniques to mitigate sensory and nutritional degradation associated with traditional methods. This review delves into ohmic heating (OH) and high-frequency ohmic heating (HFOH), highlighting their uniform heating capabilities and applications in diverse seafood products. Non-thermal technologies, including high-pressure processing (HPP), ultrasound, pulsed electric field (PEF), moderate electric field (MEF), low-voltage electrostatic field (LVEF), cold plasma (CP), and pulsed light (PL), are examined for their ability to maintain quality and nutritional value. Additionally, traditional thermal processing methods like frying, baking, grilling, smoking, and microwave heating, including microwave-assisted induction heating (MAIH), are discussed, emphasizing their impact on sensory attributes and potential formation of undesirable compounds. This review summarizes the principles, applications, advantages, and limitations of these technologies, providing insights into recent research and identifying potential areas for future development in green technology, also sustainable and innovative seafood processing practices.

**Keywords:** Emerging processing technologies, innovation, seafood production

### INTRODUCTION

Seafoods play a vital role in global nutrition, providing essential proteins, omega-3 fatty acids, and other micronutrients. However, seafood is also highly perishable, requiring effective preservation techniques to maintain quality, safety, and extend shelf life. Traditional methods like freezing, drying, and canning have been used for centuries, but often result in undesirable changes to sensory attributes and nutritional value. Consequently, there is a growing interest in innovative, non-thermal and minimally processed technologies that can preserve seafood quality while ensuring safety. This review explores a range of emerging and advanced seafood processing technologies, encompassing both thermal and non-thermal approaches, and their impact on various seafood products. Ohmic heating (OH), a promising thermal technology, offers uniform and rapid heating, leading to reduced cooking times and improved product quality (Llave et al., 2018; Kim et al., 2023; Lascorz et al., 2016). Studies have demonstrated its effectiveness in diverse applications, from enhancing fish sauce fermentation (Kim et al.,

2023) to reducing allergenicity in Japanese eel (Li et al., 2024) and providing a superior alternative to traditional cooking methods for scallops and shrimp (Llave et al., 2018; Lascorz et al., 2016). While OH offers numerous advantages, challenges related to maintenance, regulation, and cost need to be addressed (Maspeke et al., 2024). Traditional thermal processing methods like frying, baking, grilling, and smoking, although contributing desirable sensory characteristics, can lead to the formation of undesirable compounds such as polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) and advanced glycation end products (AGEs) (Assogba et al., 2024; Abhishek et al., 2025; Feng et al., 2024; Qin et al., 2022). Understanding and controlling factors influencing oil absorption during frying (Feng et al., 2024; Islam et al., 2024) and minimizing the formation of harmful compounds during high-temperature cooking (Abhishek et al., 2025; Neves-Gonçalves et al., 2025) are crucial for producing healthier seafood products. Microwave heating (MW) offers rapid and uniform heating, with applications ranging from thawing and cooking to drying and extraction (Pankyamma et al., 2022). Research on dielectric properties of seafood during microwave processing (Yang et al., 2017) is essential for optimizing heating efficiency and uniformity. Microwave-assisted induction heating (MAIH) combines the benefits of both microwave and induction heating, showing promise for in-package pasteurization and ready-to-eat seafood production (Lee et al., 2021; Tsai et al., 2022). Sous-vide cooking (SVC), involving vacuum-sealing and precise temperature control, offers extended shelf life and enhanced sensory attributes (Abel et al., 2022; Cui et al., 2024; Humaid et al., 2020). However, the potential risk of anaerobic bacterial growth needs careful consideration (Coşansu et al., 2022; Palamae et al., 2023). On the other hand, non-thermal processing technologies are gaining increasing attention due to their ability to preserve quality and nutritional value. High-pressure processing (HPP) effectively inactivates microorganisms and extends shelf life without compromising sensory attributes (Roobab et al., 2022; Khouryieh, 2021). Ultrasound technology offers a versatile approach for improving food safety, quality, and even enhancing bioactive compound extraction (Ma et al., 2023; Sireesha et al., 2022). Pulsed electric field (PEF) technology is another promising non-thermal method for microbial inactivation and bioactive compound extraction (Pérez-Won et al., 2021; Franco et al., 2020). Cold plasma (CP), Low-Voltage Electrostatic Field (LVEF) and pulsed light (PL) are emerging technologies for microbial decontamination, offering non-thermal alternatives to traditional methods (Abel et al., 2022; Situ et al., 2023; Wang et al., 2023; Zhang, Zhou et al., 2023; Zhang et al., 2023). This review aims to provide a comprehensive overview of these advanced seafood processing technologies, summarizing their principles, applications, advantages, and limitations. By highlighting recent research and identifying potential areas for future development, this review seeks to contribute to the advancement of sustainable and innovative seafood processing practices.

## **The Most Common Methods of Industrial Processing for Seafood**

### **Ohmic Heating:**

Ohmic heating (OH) is a modern, energy-efficient thermal processing technology increasingly utilized in the food industry due to its ability to improve both sensory and functional food quality (Maspeke et al., 2024). OH offers a more sustainable approach than conventional heating methods (Kim et al., 2023) by generating heat directly within the food product through electrical resistance. This direct heating mechanism allows for rapid and uniform temperature

increases, preserving food by controlling microbial and enzymatic activity without negatively impacting the food's physicochemical, nutritional, textural, or sensory properties (Rawat et al., 2025). This makes OH a versatile technology applicable to various food processes, including pasteurization, sterilization, bleaching, and extraction (Khalid et al., 2024). In the one research, Kim et al. (2023) demonstrated the effectiveness of OH in producing fish sauce from Pacific whiting. Their study showed that ohmically heated fish sauce had significantly higher overall nitrogen content, improved taste, and enhanced brownness compared to traditionally heated samples. The authors attributed these improvements to the electroporation effect of OH and the consistent heat distribution it provides. This research suggests that OH can not only provide cost-effective heating for fish sauce production but also significantly accelerate the development of desirable fermentation quality factors. Lascorz et al. (2016) explored the potential of OH as a substitute for traditional steaming in shrimp processing. Their findings indicated that OH reduced cooking time by approximately 50% and resulted in a smoother processing method, positioning it as a potentially viable alternative to steaming for shrimp.

High-frequency ohmic heating (HFOH) is a more innovative technology than traditional OH; the high frequency range (>1 kHz) provides lower processing time. Chen et al. (2022) investigated the electrical conductivities of a minced tuna model food, created from Alaska pollock surimi, during high-frequency ohmic tempering, aiming to optimize this rapid and uniform heating method for fish processing. High-frequency ohmic heating offers significant advantages like accelerated and even heating, preserving product quality and potentially enhancing microbial inactivation. This study specifically sought to characterize the food's electrical behavior, crucial for precisely controlling the ohmic heating process and ensuring consistent, high-quality tempering, which is essential for maintaining the nutritional and sensory attributes of fish products. Further highlighting the advantages of HFOH, Llave et al. (2018) found that it offers significant benefits over sous-vide cooking for scallops. Due to its volumetric heating mechanism, HFOH achieves more uniform heat distribution, leading to faster cooking times, reduced thermal damage, and improved product quality by preserving texture, flavor, and nutrients. Additionally, HFOH proved to be more energy-efficient than the traditional sous-vide method. Chew et al. (2024) suggest that these emerging rapid heating techniques, including OH, can improve the nutritional quality of food by reducing heating temperatures and cooking times (e.g., to 50°C and 10s), which helps preserve nutrients and minimize the formation of undesirable compounds like acrylamide and other oxidative products, while also improving sensory quality and stability by minimizing lipid oxidation. OH also shows promise in allergen reduction. Li et al. (2024) investigated the effects of different OH treatments on parvalbumin, a major allergen in Japanese eel. Their research revealed that OH effectively alters the structure of parvalbumin, significantly reducing its allergenicity. This finding suggests that OH could be a valuable tool for developing hypoallergenic eel products, potentially opening up market opportunities for individuals with fish allergies. Despite these numerous advantages, OH technology faces challenges, including maintenance requirements, uncertain regulatory landscapes, and high initial capital costs (Maspeke et al., 2024). These researches suggest that future research should focus on expanding the range of OH applications, improving thermal stability of the process, developing cost-effective materials for OH equipment, and ensuring food safety. Addressing these challenges will pave the way for wider adoption of OH technology in the food industry as a more affordable and environmentally friendly heating method.

### **High-Pressure Processing:**

High pressure (HPP) is an industrially established food preservation process applied for the minimal processing or cold pasteurization of refrigerated, especially fresh or ready-to-eat products (Tsevdou et al., 2023). High-Pressure Processing (HPP) is a non-thermal food preservation method gaining popularity for maintaining sensory and nutritional quality while ensuring safety (Chen et al., 2022; Khouryieh, 2021). HPP applies high hydrostatic pressure (100-800 MPa) uniformly to food products for several minutes (Khouryieh, 2021). In seafood, HPP effectively reduces microbial load, including pathogens like *Listeria monocytogenes* and *Vibrio parahaemolyticus*, improving safety and extending shelf life (Roobab et al., 2022). The high pressure disrupts microbial cell structures, including membranes and enzymatic activities, leading to inactivation (Khouryieh, 2021; Roobab et al., 2022). HPP is gaining prominence in seafood preservation due to its ability to extend shelf life and maintain quality. HPP also inactivates spoilage enzymes, further extending seafood shelf life (Chen et al., 2022; Kulawik et al., 2022). Studies have shown HPP effectively minimizes weight loss and color changes in fish (Cartagena et al., 2021), improves oyster shucking yield and shelf life (Puértolas et al., 2023), offers a superior alternative to frozen shucking for clams (Lee et al., 2022), and preserves crab meat quality during superchilled storage (Ye et al., 2021). It also extends the shelf life of lobster tails (Humaid et al., 2020). HPP's success stems from its non-thermal nature, preserving nutrients and sensory attributes better than traditional methods (Humaid et al., 2020; Khouryieh, 2021; Lee et al., 2022; Roobab et al., 2022). While the high investment cost remains a challenge (Khouryieh, 2021), HPP's benefits make it a promising technology for the seafood industry.

### **Ultrasound:**

Ultrasound is a promising non-thermal food processing technology that can improve food safety and quality while preserving nutritional and sensory attributes (Ma et al., 2023; Sireesha et al., 2022). The use of an ultrasound treatment suitable for salt-curing fish had a positive effect on the textural and flavor properties of sea bass, and the optimal approach was determined as 300 W ultrasound treatment for 60 minutes. Overall, the results of this study provided the technical evidence for improving the quality of lightly cured low-salt seafood (Bai et al., 2023). Indeed, the application of innovative techniques to achieve low-salt strategies in cured products was indicated as a critical issue facing the food industry. The ultrasound treatment also had a positive effect on the curing of the fish, and the optimal parameters were set at 590 W for 78 minutes. In general, the findings of this study provided evidence for the application of low-salt processing technology in fish products (Liu et al., 2025).

Using high-frequency sound waves (20 kHz -1 MHz), ultrasound creates mechanical effects like cavitation, disrupting microbial cells and enzymes (Ma et al., 2023; Sireesha et al., 2022). Optimizing intensity, frequency, and treatment duration allows for targeted inactivation (Hasan et al., 2023; Ma et al., 2023). Hasan et al. (2023) demonstrated ultrasound's effectiveness in cockle shell decontamination. Ultrasound can improve physiochemical properties like texture, color, and water-holding capacity, and even increase omega-3 fatty acid content while reducing lipid oxidation (Sireesha et al., 2022). Ma et al. (2023) showed ultrasound's ability to inactivate *Vibrio parahaemolyticus* in oysters, improving safety and extending shelf life. Studies have also explored ultrasound combined with plasma-functionalized buffer for fish decontamination

(Esua et al., 2021) and with plasma-functionalized liquids for quality enhancement in vacuum-packaged fish (Esua et al., 2022). Also, orthogonal ultrasonic freezing shows promise for improving seafood quality (Yu & Xie, 2023), the application of ultrasound in the seafood industry faces challenges. Its effectiveness varies with seafood type and microbial load, and potential negative impacts on sensory quality, like texture and color changes, exist (Khouryieh, 2021). Microbial inactivation depends on the microorganism type, food matrix properties, and ultrasound parameters (Ma et al., 2023), and high-intensity ultrasound can negatively affect sensory attributes (Tang & Yongsawatdigul, 2021).

### **Pulsed Electric Field:**

Pulsed Electric Field (PEF) technology is a nonthermal processing method that utilizes short bursts of high-voltage electric fields (typically 20–80 kV/cm) to permeabilize microbial cell membranes, leading to inactivation (Abel et al., 2022; Khouryieh, 2021; Pérez-Won et al., 2021). The effectiveness of PEF can be optimized by adjusting parameters like electric field intensity, duration, and the number of pulses, similar to ultrasound technology. A key application of PEF is microbial inactivation, with studies demonstrating its efficacy against foodborne pathogens such as *Listeria monocytogenes* in vacuum-packed cold-smoked salmon, resulting in extended shelf life (Aymerich et al., 2019). Furthermore, PEF can be incorporated into combined treatments to enhance seafood preservation. Pérez-Won et al. (2021) explored the effects of PEF in combination with carbon dioxide (CO<sub>2</sub>) and High Pressure Processing (HPP) on coho salmon, examining physicochemical properties and microbiological shelf life under pre- and post-rigor conditions during refrigerated storage. Their research indicated that the combined PEF, CO<sub>2</sub>, and HPP treatment was more effective in reducing undesirable color changes in pre-rigor salmon compared to post-rigor, highlighting the potential of synergistic effects. Beyond its antimicrobial properties, PEF also offers promising applications in enhancing the extraction of valuable bioactive compounds from seafood byproducts, offering a means of valorizing these often underutilized resources and contributing to a more sustainable seafood industry (Franco et al., 2020). While Pulsed Electric Field (PEF) technology offers promising benefits for the seafood industry, its adoption faces certain challenges. A significant hurdle is the high investment cost associated with PEF equipment, which can be a barrier to widespread implementation, particularly for smaller businesses (Khouryieh, 2021). Another concern is the potential for PEF treatment to induce lipid oxidation in seafood products, potentially leading to the development of undesirable off-flavors that can negatively impact sensory quality (Shiekh, Benjakul et al., 2021). Despite these challenges, PEF offers considerable advantages. Its ability to effectively inactivate both spoilage and pathogenic microorganisms holds significant potential for extending the shelf life of seafood products and improving their overall safety for consumption (Pérez-Won et al., 2021; Shiekh, Benjakul et al., 2021). Gómez et al. (2019) focused on the application of pulsed electric fields (PEF) within the meat and fish processing industries, highlighting its potential to revolutionize traditional methods. The review likely compiles and analyzes existing research, demonstrating PEF's effectiveness in enhancing various processing stages, including microbial inactivation, enzyme activity modulation, and improved mass transfer during processes like marination and drying. This research suggests that PEF offers a non-thermal alternative that can maintain or even improve the quality, safety, and shelf life of meat and fish products, while potentially reducing

energy consumption compared to conventional techniques. Otherwise, while further research is necessary to address the existing limitations and optimize PEF application in seafood processing, the technology's potential benefits warrant continued investigation and development to fully realize its promise for the industry.

### **Moderate Electric Field:**

Moderate Electric Field (MEF) is a non-thermal food processing technique that uses low-intensity electric fields to modify food products. The study by Núñez et al. (2020) revealed that applying a moderate electric field (MEF) to Atlantic salmon during the salting process significantly accelerates salt uptake and reduces processing time. Specifically, the research demonstrated that MEF enhances the diffusion of salt into the salmon tissue, allowing for more efficient brining at lower temperatures. Furthermore, the study explored the applicability of various diffusion models to accurately describe the salt and water movement within the fish, contributing to a better understanding of the underlying mechanisms involved in MEF-assisted salting. In addition to this, Simpson et al. (2018) investigated the potential of moderate electric fields (MEF) to accelerate the salting process of Atlantic salmon (*Salmo salar*), demonstrating that MEF application significantly enhanced salt uptake. Their findings suggest that MEF facilitates the diffusion of salt into the fish tissue, thereby reducing the time required for effective salting. The research indicates that MEF could offer a more efficient and controlled method for salting salmon, potentially leading to improved product quality and reduced processing costs. Therefore, MEF presents a promising technology for enhancing various fish processing operations. Its ability to accelerate mass transfer processes and preserve product quality makes it a valuable tool for the seafood industry.

### **Low-Voltage Electrostatic Field:**

Low-Voltage Electrostatic Field (LVEF) technology is a nonthermal preservation method that utilizes electric fields to influence physiological and biochemical reactions in food (Wang et al., 2023; Zhang et al., 2023). In seafood, LVEF can promote ice crystal miniaturization, minimizing tissue damage, and stimulate muscle fiber relaxation, accelerating post-rigor maturation and improving color, sensory characteristics, and juiciness (Yang et al., 2023). LVEF's uniform electric field distribution creates vibrations that enhance preservation, and it has been shown to inhibit the growth of key spoilage bacteria like *Bacillus subtilis* and *Pseudomonas* (Wang et al., 2023). Combining LVEF with partial freezing (PF), a technique involving storage at 1-2°C below the initial freezing point, offers further benefits. PF inhibits microbial growth and protein denaturation, preserving flavor and freshness, and extending shelf life 1.5-4 times compared to chilling (Khouryieh, 2021). Zhang et al. (2023) demonstrated the effectiveness of LVEF-PF in maintaining large yellow croaker quality during storage by preventing oxidative protein degradation, microbial growth, and nucleotide degradation. Similarly, Wang et al. (2023) found that combining low-voltage variable frequency electric fields (LVVFEF) with compound preservatives was most effective in preserving steamed mussels compared to either treatment alone. While LVEF is effective for aquatic product preservation due to its impact on water, protein, and enzymes (Zhang et al., 2023), its application to seafood is limited compared to fruits and meat, requiring further research on

diverse species and combined preservation methods. Limitations of LVEF include high energy consumption and security concerns. Another emerging technology, Magnetic Field-assisted Freezing (MF), uses magnetic fields to create smaller, more uniform ice crystals during freezing, improving frozen food quality (Kaur & Kumar, 2020). Zhou et al. (2023) found that applying a 20 mT magnetic field during immersion freezing enhanced the quality of frozen golden pompano muscle. MF technology is advantageous due to its simplicity, cost-effectiveness, and environmental friendliness, but its application to aquatic product preservation is still under-researched.

### **Cold plasma:**

Cold plasma (CP) is a fascinating and increasingly utilized technology. Plasmas produced at or near ambient temperature are emerging as soft, selective and environmentally friendly technologies for extending the shelf-life of perishable fish and fish products. However, a high degree of unsaturation makes fish lipids highly sensitive to reactive oxygen and nitrogen species (RONS) of plasmas, which can trigger the onset and / or progression of lipid oxidation, which can lead to the formation of unpleasantness, loss of nutritionally valuable components (polyunsaturated fatty acids, proteins, vitamins) and the formation of risky or toxic substances (Mozzon et al., 2024). CP, also known as cold atmospheric plasma (CAP) when generated at atmospheric pressure, is an emerging nonthermal technology with significant potential in the food industry, particularly for seafood processing (Abel et al., 2022; Mol et al., 2023; Situ et al., 2023). CP involves energizing a gas to create plasma, a mixture of ions, radicals, excited molecules, electrons, and UV radiation (Abel et al., 2022; Mol et al., 2023; Situ et al., 2023). Its mechanism of action for microbial decontamination relies on the generation of reactive oxygen and nitrogen species, which damage microbial cell membranes (Khouryieh, 2021; Shiekh, Benjakul et al., 2021). A key advantage of CP is its nonthermal nature, allowing for effective microbial inactivation without compromising seafood quality, unlike traditional thermal methods (Situ et al., 2023). CP has demonstrated efficacy in reducing microbial load and extending shelf life in various seafood products, such as Asian sea bass (Olatunde et al., 2020). These results of one study showed that the cold plasma solution process allowed the storage of tilapia fillets under cooling up to 7 d. So, cold plasma solutions had potential applications in fish fillet cooling (Cai et al., 2024). A related innovation is plasma-activated water (PAW), created by applying plasma to water, which alters its physicochemical properties (Chanioti et al., 2023; Esua et al., 2021). PAW has shown promise in controlling microbial degradation and extending shelf life in seafood like sea bream fillets (Chanioti et al., 2023). However, challenges remain, including optimizing treatment parameters (gas type and concentration, time) for different seafood products, further research into long-term effects on quality and safety, and assessing economic feasibility for large-scale implementation. Furthermore, CP's reactive species can induce lipid and protein oxidation in seafood, limiting its wider adoption (Khouryieh, 2021).

### **Pulsed Light:**

Pulsed Light (PL) technology is a nonthermal method gaining traction in the food industry, including seafood, for its microbial inactivation potential (John & Ramaswamy, 2018; Mandal

et al., 2020; Zhou et al., 2023). PL uses high-intensity, short-duration pulses of broad-spectrum light, often in the UV range, to inactivate microorganisms by damaging their DNA, specifically through the formation of pyrimidine dimers that inhibit replication and lead to cell death (Zhou et al., 2023). A key advantage of PL is its nonthermal nature, preserving sensory attributes like texture and flavor that can be compromised by heat-based methods (Mandal et al., 2020). However, PL effectiveness depends on factors like light pulse intensity and duration, distance from the light source, and product characteristics (shape, color, transparency), requiring careful optimization for each application to ensure both microbial inactivation and product quality (Khouryieh, 2021). Zhou et al. (2023) demonstrated that a 300 J/pulse PL treatment for 30 pulses achieved 86.27% sterilization efficiency in yellow croaker fillets and slowed increases in TVB-N and TBARS during storage. Another promising development is the use of UV light-emitting diodes (UVC-LEDs) as a safer alternative to traditional UV lamps. Fan et al. (2021) showed that UVC-LED radiation up to 4000 mJ/cm<sup>2</sup> effectively reduced microbial contamination in raw tuna fillets while largely maintaining physicochemical properties, except for a potential increase in lipid oxidation. While PL, and particularly UVC-LEDs, show significant promise, further research is needed to fully understand their potential and limitations in diverse seafood applications (crustaceans, shellfish, etc.) and to explore their combined use with other preservation methods to maximize efficacy and maintain nutritional and sensory quality. Although PL is well-studied in the meat industry, more research is needed for its application to various types of seafood.

## **The Most Common Methods to Prepare Processed Seafood for Ready to Eat**

### **Frying:**

Frying, while contributing desirable sensory attributes like crispy texture and unique flavor, presents challenges related to oil absorption and the formation of potentially harmful compounds. Feng et al. (2024) investigated the impact of frying temperature and duration on oil absorption in breaded fish nuggets. Their study demonstrated that both factors significantly influence wheat starch properties and fat distribution within the product, ultimately affecting the amount of oil absorbed. This highlights the importance of carefully controlling frying parameters to minimize oil uptake and produce healthier fried products. Islam et al. (2024) focused on surimi, noting that deep-fried surimi tends to absorb substantial amounts of fat during frying, which could contribute to cardiovascular and obesity-related health issues. Furthermore, the high fat content in fried surimi makes it susceptible to lipid oxidation during storage, potentially diminishing its quality over time. Okalany et al. (2023) discussed the common practice of recycling cooking oil in deep-frying to reduce costs. However, they emphasize that each frying cycle degrades the oil's quality and leads to the formation of harmful by-products that can negatively impact human health.

### **Air-Frying or Baking:**

Baking, another common cooking method, also involves heat treatment and can influence the formation of certain compounds. Qin et al. (2022) examined the formation of advanced glycation end products (AGEs) in fish cakes prepared using various cooking methods, including



baking, air frying, deep frying, and pan frying. Their findings revealed that AGEs content on the surface of fish cakes increased significantly with heating time, regardless of the cooking method. However, air-fried fish cakes exhibited lower AGEs content and oil levels compared to those prepared by other methods, while still maintaining a similar color to deep-fried fish cakes.

### **Grilling and Smoking:**

Grilling and smoking, often employed for meat and fish processing, introduce unique concerns related to the formation of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs). Assogba et al. (2024) reported that these methods, particularly when using conventional equipment, can lead to high PAH contamination in the final products. They stress the importance of protecting consumer health by implementing strategies to reduce PAH concentrations in grilled and smoked foods. Abhishek et al. (2025) further confirmed the presence of PAHs and polychlorinated biphenyls (PCBs) in grilled and fried fish products at levels exceeding acceptable limits. They recommended several strategies to mitigate PAH formation, including regulating cooking temperature, using wrapping to prevent direct smoke contact, optimizing the duration and distance from the heat source, using white charcoal instead of black charcoal, preheating and charring charcoal, and minimizing oil drips. They also suggested alternative cooking methods like electric grills or gas ovens, avoiding repeated use of frying oil, choosing appropriate cooking oils and marinades, and using probiotics and appropriate packaging materials. Interestingly, they noted that frying, rather than grilling, can be a suitable method for significantly reducing PCB levels in foods. Tenyang et al. (2022) investigated the effects of combined cooking processes (frying + boiling and smoking + boiling) on fish lipid quality and mineral content. Their study revealed that these combined processes negatively impacted lipid quality. Boiling led to significant mineral content losses in the fish, whereas the smoking process resulted in a significant increase in mineral content. They concluded that steaming appears to be the best cooking method for fish in terms of maintaining lipid stability. Neves-Gonçalves et al. (2025) discussed various strategies being investigated to reduce the formation of undesirable compounds during heat treatment of foods, including those formed during frying, baking, grilling, and smoking.

### **Microwave:**

Microwave heating (MW) is a versatile technology with diverse applications in seafood processing, including thawing, sterilization, cooking, drying, extraction of bioactive components, and surimi gelation (Pankyamma et al., 2022). Utilizing electromagnetic waves at 2.45 GHz, MW offers rapid and uniform heating by exciting polar molecules, particularly water (Lee et al., 2021; Pankyamma et al., 2021). This rapid and uniform heating can translate to time and energy savings in various seafood processes. Marinopoulou and Petridis (2022) identified microwave heating as the most efficient method for opening mussel shells while minimizing cooking loss. This finding suggests its significant potential for industrial-scale mussel processing, although further research is needed to understand the effects of continuous microwave processing on mussels. Microwave-assisted induction heating (MAIH) combines the benefits of both microwave and induction heating, leveraging the rapid internal heating of

microwaves with the uniform heating provided by induction (Lee et al., 2021). Lee et al. (2021) demonstrated the effectiveness of MAIH for heating pre-packaged hard clams. They achieved complete shucking and microbial inactivation by heating the clams at 130°C for 110 seconds or 90°C for 130 seconds, indicating the potential of MAIH for in-package pasteurization. Similarly, Tsai et al. (2022) found that MAIH treatment of barramundi at 90°C for 110 seconds or 70°C for 130 seconds resulted in a fully cooked, contaminant-free product with desirable sensory properties. This positions MAIH as a promising alternative for producing ready-to-eat seafood products. Microwaves also offer advantages in fish drying. Pankyamma et al. (2021) compared microwave vacuum drying of marinated tuna chunks with traditional sun and hot air drying methods. They found that microwave vacuum drying produced a smoother, microbiologically stable dried tuna product. However, they also observed increased protein denaturation and lipid oxidation, especially at higher microwave power levels. While microwave vacuum drying provides rapid dehydration and improved product quality, the increased lipid oxidation requires further investigation to optimize the process and minimize this undesirable effect. Overall, microwave processing offers several advantages: it saves processing time, is energy-efficient, and results in high-quality fish products with retained nutritional value (Pankyamma et al., 2022). Microwaving or stewing fish does not alter its nutritional composition. Microwave drying, in addition to preserving sensory properties, enhances water absorption by creating a porous structure in the dried product. Combining microwave technology with traditional or other advanced techniques can further improve the quality of fish products by mitigating some of the shortcomings of microwave processing alone (Pankyamma et al., 2022). Yang et al. (2017) investigated the dielectric properties of Antarctic krill and white shrimp during microwave thawing and heating. Their research provides valuable data on how these seafoods interact with microwave energy, which is crucial for optimizing microwave processing techniques. Understanding these dielectric properties allows for more efficient and uniform heating, ultimately leading to improved quality and preservation of these marine resources.

### **Sous-vide:**

Sous-vide cooking (SVC) is a processing method that involves vacuum-sealing seafood, often with seasonings, in heat-stable pouches and then cooking or pasteurizing it under precisely controlled temperature and time conditions (Abel et al., 2022). This precise control results in food that is safe, nutritious, convenient, and easy to prepare (Cui et al., 2024). SVC offers several advantages, including extended shelf life, inhibition of off-flavors, reduced moisture and flavor loss, and minimized bacterial growth (Humaid et al., 2020). Because sous-vide cooked seafood retains moisture, flavor, and nutrients, its quality is maintained for a longer period. The vacuum packaging used in SVC minimizes post-process contamination and protects omega-3 fatty acids from oxidation. This vacuum environment also prevents decontamination, oxidation, aerobic bacterial growth, and moisture loss, all while preserving desired aroma compounds (Coşansu et al., 2022). SVC has been successfully applied to a variety of seafoods, including rainbow trout (Öztürk et al., 2021), whiteleg shrimp (Ahmad & Traynor, 2022), lobsters (Humaid et al., 2020), and mussels (Russo et al., 2023; Palamae et al., 2023). Palamae et al. (2023) demonstrated that combining acidic electrolyzed water deputation with SVC at 100°C for one minute effectively reduced harmful bacteria, particularly *Vibrio*

species, in Asian green mussels. This combined treatment preserved the mussels' quality, color, texture, and chemical composition. Beyond extending shelf life and preserving quality, SVC also enhances sensory and textural acceptance, allows for precise cooking degrees, simplifies portion control, minimizes cooking odors, and may prevent the formation of certain heat-induced contaminants (Russo et al., 2023). These benefits make seafood preparation using SVC convenient, even in settings where traditional cooking methods are challenging. However, SVC also presents certain challenges. The anaerobic conditions created by vacuum packaging can create an environment conducive to the growth of anaerobic spore-forming pathogens, particularly *Clostridium botulinum* (Palamae et al., 2023). Additionally, achieving long shelf life often requires high cooking temperatures, which can negatively impact the sensory quality of the seafood. One potential solution to mitigate these risks and further enhance the benefits of SVC is to combine it with other preservation techniques. This combined approach could address the safety concerns related to anaerobic bacterial growth and minimize the negative sensory impacts associated with high cooking temperatures. Table 1 provides an overview of all technologies examined in this article.

**Table 1.** Advantages and challenges of innovative processing technologies in the seafood industry

Processing Method	Food Application	Advantages	Challenges	References
<b>Ohmic Heating (OH)</b>	Fish sauce, shrimp, scallops, eel	Rapid, uniform heating; improved sensory/nutritional quality; allergen reduction; energy-efficient	Maintenance, regulation, cost; thermal stability	Kim et al., 2023; Lascorz et al., 2016; Li et al., 2024; Maspeke et al., 2024; Rawat et al., 2025; Khalid et al., 2024; Chew et al., 2024
<b>High-Frequency Ohmic Heating (HFOH)</b>	Minced tuna (surimi-based), scallops	Accelerated and even heating; reduced processing time; improved product quality; energy-efficient; uniform heat distribution	Maintenance, regulation, cost; thermal stability	Chen et al., 2022; Llave et al., 2018
<b>High-Pressure Processing (HPP)</b>	Fish, oysters, clams, crab, lobster	Microbial inactivation; extended shelf life; preserves sensory/nutritional attributes; enzyme inactivation	High investment cost	Roobab et al., 2022; Khouryieh, 2021; Cartagena et al., 2021; Puértolas et al., 2023; Lee et al., 2022; Ye et al., 2021; Humaid et al.,

				2020; Kulawik et al., 2022; Chen et al., 2022
<b>Ultrasound</b>	Sea bass, oysters, cockles	Microbial inactivation; improved texture/color; enhanced bioactive compound	Variability with seafood type; potential sensory changes; optimization needed; effectiveness varies with microbial load	Ma et al., 2023; Sireesha et al., 2022; Bai et al., 2023; Liu et al., 2025; Hasan et al., 2023; Esua et al., 2021, 2022; Yu & Xie, 2023; Tang & Yongsawatdigul, 2021
<b>Pulsed Electric Field (PEF)</b>	Salmon, general seafood	Microbial inactivation; bioactive compound extraction; extended shelf life	High investment cost; potential lipid oxidation; optimization needed	Pérez-Won et al., 2021; Franco et al., 2020; Aymerich et al., 2019; Gómez et al., 2019; Houryieh, 2021; Shiekh, Benjakul et al., 2021
<b>Moderate Electric Field (MEF)</b>	Atlantic salmon	Accelerated salting; enhanced mass transfer; reduced processing time; preserved product quality	Further research needed on diverse species	Núñez et al., 2020; Simpson et al., 2018
<b>Low-Voltage Electrostatic Field (LVEF)</b>	Yellow croaker, mussels	Ice crystal miniaturization; improved sensory characteristics; microbial inhibition; extended shelf life (with partial freezing)	High energy consumption; limited research on seafood; security concerns	Wang et al., 2023; Zhang et al., 2023; Yang et al., 2023; Kaur & Kumar, 2020; Zhou et al., 2023; Houryieh, 2021
<b>Cold Plasma (CP)</b>	Asian sea bass, tilapia, sea bream	Microbial inactivation; nonthermal processing; extended shelf life; plasma-	Lipid/protein oxidation; optimization needed; long-term effects;	Abel et al., 2022; Mol et al., 2023; Situ et al., 2023; Mozzon et al., 2024; Olatunde et al., 2020; Cai et al.,

		activated water (PAW)	economic feasibility	2024; Chanioti et al., 2023; Khouryieh, 2021; Shiekh, Benjakul et al., 2021
<b>Pulsed Light (PL)</b>	Yellow croaker, tuna	Microbial inactivation; nonthermal processing; preserved sensory attributes; UVC-LED applications	Optimization needed; effectiveness depends on product characteristics; limited seafood research	Zhou et al., 2023; John & Ramaswamy, 2018; Mandal et al., 2020; Fan et al., 2021; Khouryieh, 2021
<b>Frying</b>	Breaded fish, surimi	Desirable sensory attributes	Oil absorption; formation of harmful compounds	Feng et al., 2024; Islam et al., 2024; Okalany et al., 2023
<b>Air-Frying/Baking</b>	Fish cakes	Lower AGEs and oil content (air-frying); versatile cooking method	AGEs formation; heat treatment effects	Qin et al., 2022
<b>Grilling/Smoking</b>	Fish	Desirable sensory attributes	PAH and PCB formation; lipid quality impact	Assogba et al., 2024; Abhishek et al., 2025; Tenyang et al., 2022; Neves-Gonçalves et al., 2025
<b>Microwave (MW)</b>	Mussels, tuna, clams, barramundi	Rapid, uniform heating; diverse applications; energy savings; microwave-assisted induction heating (MAIH)	Protein denaturation; lipid oxidation (drying); optimization needed	Pankyamma et al., 2022; Lee et al., 2021; Marinopoulou & Petridis, 2022; Tsai et al., 2022; Yang et al., 2017; Pankyamma et al., 2021
<b>Sous-vide Cooking (SVC)</b>	General seafood	Extended shelf life; enhanced sensory attributes; precise temperature control	Potential anaerobic bacterial growth	Abel et al., 2022; Cui et al., 2024; Humaid et al., 2020; Coşansu et al., 2022; Palamae et al., 2023

## CONCLUSION

In conclusion, this review has navigated the dynamic field of advanced seafood processing technologies, showcasing the breadth of innovation aimed at preserving this vital food resource while enhancing its quality, safety, and sustainability. From the precision of ohmic heating to the non-thermal power of high-pressure processing, each technique offers a unique approach to addressing the challenges inherent in seafood preservation. Thermal methods like ohmic heating, microwave processing (including MAIH), and sous-vide cooking offer precise control over heating, leading to improved texture, flavor retention, and extended shelf life. However, these methods also necessitate careful consideration of potential drawbacks, such as the formation of undesirable compounds in high-temperature processes or the risk of anaerobic bacterial growth in sous-vide. Non-thermal technologies, including high-pressure processing, ultrasound, pulsed electric fields, cold plasma, and pulsed light, represent a paradigm shift in seafood preservation. Their ability to inactivate microorganisms and extend shelf life without compromising sensory attributes or nutritional value is particularly compelling. These technologies, however, also present challenges related to cost, scalability, and potential impacts on product characteristics, requiring further optimization and research. The review also examined traditional cooking methods used to prepare ready-to-eat seafood, highlighting the importance of controlling frying parameters to minimize oil absorption and the formation of harmful compounds like PAHs and AGEs. The exploration of alternative cooking methods like air-frying and baking, along with the optimization of grilling and smoking techniques, emphasizes the ongoing effort to produce healthier and safer seafood products. In addition to this, several key areas deserve attention to further advance seafood processing practices. Firstly, research should focus on optimizing existing technologies and exploring novel approaches to address the specific challenges associated with different seafood species and product types. This includes investigating the synergistic effects of combining multiple processing techniques, such as HPP with ultrasound or cold plasma with modified atmosphere packaging, to achieve superior preservation outcomes. Secondly, greater emphasis should be placed on developing cost-effective and scalable versions of these advanced technologies to facilitate their wider adoption, particularly by small and medium-sized enterprises. This requires collaborative efforts between researchers, industry stakeholders, and equipment manufacturers to overcome technical and economic barriers. Thirdly, a thorough understanding of the impact of these processing technologies on seafood quality, including sensory attributes, nutritional value, and potential allergenicity, is crucial. Long-term studies are needed to assess the effects of these treatments on seafood safety and consumer health. Fourthly, sustainability should be a guiding principle in the development and implementation of new processing technologies. This includes minimizing energy consumption, reducing water usage, and promoting the utilization of seafood byproducts. Life cycle assessments should be conducted to evaluate the environmental footprint of different processing methods and identify opportunities for improvement. Finally, effective communication and knowledge transfer are essential to ensure the successful adoption of these advanced technologies by the seafood industry. This includes developing training programs for industry professionals, disseminating research findings through scientific publications and conferences, and engaging with consumers to build trust in these innovative processing methods. By addressing these key areas, the seafood industry can embrace a future where advanced processing technologies play a central role in delivering high-quality, safe, and sustainable seafood products to meet the growing global demand.

## REFERENCES

- Abel, N., Rotabakk, B. T., & Lerfall, J. (2022). Mild processing of seafood—A review. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 21(1), 340–370. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12876>
- Abhishek, A., Chakkaravarthi, S., Agarwal, T. (2025). Fish consumption patterns and health risk assessment of polycyclic aromatic hydrocarbons and polychlorinated biphenyls in fried and grilled fish products and mitigation strategies. *Toxicology Reports*, 14, 101953. <https://doi.org/10.1016/j.toxrep.2025.101953>
- Assogba, M.F., Ahouansou, R.H., Djohi, N.O.R., Kpoclou, Y.E., Anihouvi, G.D., Afe, H.O.I., Tchibozo, B.F., Douny, C., Mahillon, J., Scippo, M.L., Hounhouigan, D.J., Anihouvi, V.B. (2024). Development of innovative technology reducing the levels of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons in grilled meat and smoked fish. *Journal of Food Composition and Analysis*, 125, 105773. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2023.105773>
- Aymerich, T., Rodriguez, M., Garriga, M., & Bover-Cid, S. (2019). Assessment of the bioprotective potential of lactic acid bacteria against *Listeria monocytogenes* on vacuum-packed cold-smoked salmon stored at 8°C. *Food Microbiology*, 83, 64-70. <https://doi.org/10.1016/j.fm.2019.04.011>
- Bai, H., Li, L., Wu, Y., Chen, S., Zhao, Y., Cai, Q., Wang, Y. (2023). Ultrasound improves the low-sodium salt curing of sea bass: Insights into the effects of ultrasound on texture, microstructure, and flavor characteristics. *Ultrasonics Sonochemistry*, 100, 106597. <https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2023.106597>
- Cai, Z., Wang, Y., Liao, G., Wang, J. (2024). Effects of cold plasma-activated solution on microbial amounts and diversity of Tilapia fillets at refrigerator storage. *LWT*, 213, 117047. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2024.117047>
- Cartagena, L., Puertolas, E., & Martinez de Maranon, I. (2021). Highpressure pretreatment in albacore (*Thunnus alalunga*) for reducing freeze-driven weight losses with minimal quality changes. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 101(7), 2704-2711. <https://doi.org/10.1002/jsfa.10895>
- Chanioti, S., Giannoglou, M., Stergiou, P., Passaras, D., Dimitrakellis, P., Kokkoris, G., Gogolides, E., & Katsaros, G. (2023). Plasmaactivated water for disinfection and quality retention of sea bream fillets: Kinetic evaluation and process optimization. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 85(2022), 103334. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2023.103334>
- Chen, L., Jiao, D., Liu, H., Zhu, C., Sun, Y., Wu, J., Zheng, M., & Zhang, D. (2022). Effects of water distribution and protein degradation on the texture of high pressure-treated shrimp (*Penaeus monodon*) during chilled storage. *Food Control*, 132, 108555. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2021.108555>
- Chen, Y., Llave, Y., Jiao, Y., Okazaki, E., Sakai, N., & Fukuoka, M. (2022). Ohmic tempering using a high frequency ohmic heating and model food of minced tuna based on Alaska pollock surimi – Evaluation of electrical conductivities. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 76, 102940. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2022.102940>

- Chew, S.C., How, Y.H., Chang, L.S., Tan, C.H., Chuo, K.M.J., Wong, S.Y.W., Degraeve, P., Nyam, K.L. (2024). The impact of cooking methods on the physical, sensory, and nutritional quality of fish. *International Journal of Gastronomy and Food Science*, 38, 101061. <https://doi.org/10.1016/j.ijgfs.2024.101061>
- Coşansu, S., Mol, S., Haskaraca, G. (2022). Sous-vide cooking: Effects on seafood quality and combination with other hurdles. *International Journal of Gastronomy in Food Science*, 29, 100586. <https://doi.org/10.1016/j.ijgfs.2022.100586>
- Cui, Z., Zhang, N., Lou, W., Manoli, T. (2022). Application of sous vide cooking to aquatic food products: a review. *Food Science and Technology*, Campinas, 42, e108021. <http://dx.doi.org/10.1590/fst.108021>
- Esua, O. J., Cheng, J. H., & Sun, D. W. (2021). Optimisation of treatment conditions for reducing *Shewanella putrefaciens* and *Salmonella typhimurium* on grass carp treated by thermoultrasound-assisted plasma functionalized buffer. *Ultrasonics Sonochemistry*, 76, 105609. <https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2021.105609>
- Esua, O. J., Sun, D. W., Cheng, J. H., & Li, J. L. (2022). Evaluation of storage quality of vacuum-packaged silver Pomfret (*Pampus argenteus*) treated with combined ultrasound and plasma functionalized liquids hurdle technology. *Food Chemistry*, 391, 133237. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2022.133237>
- Fan, L., Liu, X., Dong, X., Dong, S., Xiang, Q., & Bai, Y. (2021). Effects of UVC light-emitting diodes on microbial safety and quality attributes of raw tuna fillets. *LWT*, 139, 110553. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.110553>
- Feng, J., Chen, J., Chen, C., Peng, L., Zhang, P., Liu, G. (2024). Insight into wheat starch characteristics and fat absorption of breaded fish nuggets during frying. *Journal of Food Engineering*, 366, 11855. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2023.111855>
- Franco, D., Munekata, P. E. S., Agregan, R., Bermudez, R., Lopez-Pedrouso, M., Pateiro, M., & Lorenzo, J. M. (2020). Application of pulsed electric fields for obtaining antioxidant extracts from fish residues. *Antioxidants*, 9(2), 90. <https://doi.org/10.3390/antiox9020090>
- Gavahian, M., Tiwari, B.K., Chu, Y.H., Ting, Y., Farahnaky, A. (2019). Food texture as affected by ohmic heating: Mechanisms involved, recent findings, benefits, and limitations. *Trends in Food Science & Technology*, 86, 328-339. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2019.02.022>
- Gómez, B., Munekata, P. E. S., Gavahian, M., Barba, F. J., Martí-Quijal, F. J., Bolumar, T., Campagnol, P. C. B., Tomasevic, I., & Lorenzo, J. M. (2019). Application of pulsed electric fields in meat and fish processing industries: An overview. *Food Research International*, 123, 95-105. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2019.04.047>
- Hasan, M. R., Abdullah, A. C. A., Afizah, M. N., Ghazali, M. S.M., & Noranizan, M. A. (2023). Efficacy of ultrasonic cleaning on cockle shells. *Journal of Food Engineering*, 352, 111523. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2023.111523>
- Humaid, S., Nayyar, D., Bolton, J., Perkins, B., & Skonberg, D. I. (2020). Refrigerated shelf-life evaluation of high pressure processed, raw and sous vide cooked lobster. *High Pressure Research*, 40(3), 444-463. <https://doi.org/10.1080/08957959.2020.1774753>



- John, D., & Ramaswamy, H. S. (2018). Pulsed light technology to enhance food safety and quality: A mini-review. *Current Opinion in Food Science*, 23, 70-79. <https://doi.org/10.1016/j.cofs.2018.06.004>
- Kaur, M., & Kumar, M. (2020). An innovation in magnetic field assisted freezing of perishable fruits and vegetables: A review. *Food Reviews International*, 36(8), 761-780. <https://doi.org/10.1080/87559129.2019.1683746>
- Khalid, W., Arshad, M.S., Maqbool, Z., Jayasinghe, G.D.T.M., Jinadasa, B.K.K.K., Fowler, S.W., Kauser, S., Ansari, M.J. (2023). Chapter 5- Synergistic effect of ultrasound and microwave treatments in meat, fish, and seafood processing, preservation, and extraction. *Ultrasound and Microwave for Food Processing Synergism for Preservation and Extraction*, 139-156. <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-95991-9.00012-6>
- Khalid, S., Hassan, S.A., Altemimi, A.B., Chaudhary, Raana, S., Javaid, H., Naeem, M., Bhat, Z.F., Aadil, M. (2024). Recovery of valuable substances from food waste by ohmic heating assisted extraction -A step towards sustainable production. *Future Foods*, 9, 100365. <https://doi.org/10.1016/j.fufo.2024.100365>
- Khouryieh, H. A. (2021). Novel and emerging technologies used by the U.S. food processing industry. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 67, 102559. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2020.102559>
- Kim, H.J., DeWitt, C.A.M., Park, J.W. (2023). Application of ohmic heating for accelerating Pacific whiting fish sauce fermentation. *LWT*, 174, 114299. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2022.114299>
- Kulawik, P., Rathod, N. B., Ozogul, Y., Ozogul, F., & Zhang, W. (2022). Recent developments in the use of cold plasma, high hydrostatic pressure, and pulsed electric fields on microorganisms and viruses in seafood. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 0(0), 1-15. <https://doi.org/10.1080/10408398.2022.2077298>
- Lascorz, D., Torella, E., Lyng, J.G., Arroyo, C. (2016). The potential of ohmic heating as an alternative to steam for heat processing shrimps. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 37, Part C, 329-335. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2016.06.014>
- Lee, Y.-C., Lin, C.-S., Zeng, W.-H., Hwang, C.-C., Chiu, K., Ou, T.-Y., Chang, T.-H., & Tsai, Y.-H. (2021). Effect of a novel microwave-assisted induction heating (MAIH) technology on the quality of prepackaged Asian hard clam (*Meretrix lusoria*). *Foods*, 10(10), 2299. <https://doi.org/10.3390/foods10102299>
- Llave, Y., Morinaga, K., Fukuoka, M., Sakai, N. (2018). Characterization of ohmic heating and sous-vide treatment of scallops: Analysis of electrical conductivity and the effect of thermal protein denaturation on quality attribute changes. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 50, 112-123. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2018.09.007>
- Li, X., Deng, Y., Qiu, W., Feng, Y., Jin, Y., Chen, L., Li, L., Wang, A. L., Tao, N., & Jin, Y. (2024). Effects of different ohmic heating treatments on parvalbumin structure and reduction of allergenicity in Japanese eel (*Anguilla japonica*). *Food Chemistry*, 137257. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2023.137257>
- Liu, J., Xie, C., Ma, W., Xiao, X., Dong, W., Chen, Y., Hu, Y., Feng, Y., Yu, X. (2025). Effects of ultrasound-assisted low-salt curing on water retention, tenderness and in vitro digestive

characteristics of grass carp (*Ctenopharyngodon Idellus*). *Ultrasonics Sonochemistry*, 113, 107214. <https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2024.107214>

Islam, J., Mahmud, N., Oyom, W., Aminzare, M., Tahergorabi, R. (2024). Effects of B-sitosterol oleogel on fat uptake reduction, physicochemical properties, oxidative stability, and sensory characteristics of fried surimi fish balls. *Journal of Agriculture and Food Research*, 17, 101240. <https://doi.org/10.1016/j.jafr.2024.101240>

Ma, J., Meng, L., Wang, S., Li, J., & Mao, X. (2023). Inactivation of *Vibrio parahaemolyticus* and retardation of quality loss in oyster (*Crassostrea gigas*) by ultrasound processing during storage. *Food Research International*, 168, 112722. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2023.112722>

Mandal, R., Mohammadi, X., Wiktor, A., Singh, A., & Pratap Singh, A. (2020). Applications of pulsed light decontamination technology in food processing: An overview. *Applied Sciences*, 10(10), 3606. <https://doi.org/10.3390/app10103606>

Maspeke, P.N.S., Salengke, S., Muhidong, J., Dirpan, A. (2024). A bibliometric analysis of ohmic heating on food processing in the last two decades. *Heliyon*, 10(20), e 39315. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e39315>

Mol, S., Akan, T., Kartal, S., Coşansu, S., Tosun, Ş. Y., Alakavuk, D.U., Ulusoy, Ş., Doğruyol, H., & Bostan, K. (2023). Effects of air and helium cold plasma on sensory acceptability and quality of fresh sea bass (*Dicentrarchus labrax*). *Food and Bioprocess Technology*, 16(3), 537-548. <https://doi.org/10.1007/s11947-022-02950-w>

Mozzon, M., Foligni, R., Mannozi, C., Vittori, S. (2024). Assessment of lipid oxidation in fish and fish products processed by cold plasma technologies. *Applied Food Research*, 4(2), 100646. <https://doi.org/10.1016/j.afres.2024.100646>

Neves-Golçalves, T.M., Pinto, E., Viegas, O., Braga, A.R.C., Mesquita, L.M.S., Ferreira, I.M.P.L.V.O., Garcia-Jares, C., Rosso, V.V.D., Domene, S.M.A. (2025). Evaluation of the potential of annatto seed powder to reduce the formation of heterocyclic amines in charcoal-grilled and pan-fried beef patties. *Food Chemistry*, 462, 141015. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2024.141015>

Núñez, H., Cavada, G., Ramírez, C., Moreno, J., Cornejo, G., Jaques, A., Pinto, M., Vega, O., & Simpson, R. (2020). Effect of a moderate electric field on the salting of Atlantic Salmon (*Salmo salar*): An experimental study and phenomenological understanding. *Food Research International*, 137, 109475. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2020.109475>.

Okalany, E., Byakika, S., Asiiimwe, J.K., Mukisa, I.M. (2023). Knowledge, attitudes and practices of processors of deep-fried fish and potato chips with regard to cooking oil quality – A case of Kampala District, Uganda. *Food and Humanity*, 1, 928-932. <https://doi.org/10.1016/j.foohum.2023.08.010>

Olatunde, O. O., Benjakul, S., & Vongkamjan, K. (2020). Microbial diversity, shelf-life and sensory properties of Asian sea bass slices with combined treatment of liposomal encapsulated ethanolic coconut husk extract and high voltage cold plasma. *LWT*, 134, 110232. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.110232>

Palamae, S., Temdee, W., Buatong, J., Zhang, B., Hong, H., & Benjakul, S. (2023). Enhancement of safety and quality of ready-to-cook Asian green mussel using acidic

electrolyzed water depuration in combination with sous vide cooking. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 87, 103391. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2023.103391>

Pankyamma, V., Rao, M.B., Debbarma, J., Ravishankar, C.N. (2022). Research developments in the applications of microwave energy in fish processing: A review. *Trends in Food Science & Technology*, 123. <http://dx.doi.org/10.1016/j.tifs.2022.03.010>

Perez-Won, M., Gonzalez-Cavieres, L., Palma-Acevedo, A., Tabilo-Munizaga, G., Jara-Quijada, E., & Lemus-Mondaca, R. (2023). Pulsed electric fields as pretreatment for different drying methods in chilean abalone (*Concholepas concholepas*) mollusk: Effects on product physical properties and drying methods sustainability. *Food and Bioprocess Technology*, 16, 2772-2788. <https://doi.org/10.1007/s11947-023-03102-4>

Puertolas, E., Garcia-Munoz, S., Caro, M., & Alvarez-Sabatel, S. (2023). Effect of different cold storage temperatures on the evolution of shucking yield and quality properties of offshore cultured Japanese oyster (*Magallana gigas*) treated by high pressure processing (HPP). *Foods*, 12(6), 1156. <https://doi.org/10.3390/foods12061156>

Qin, R., Wu, R., Shi, H., Jia, C., Rong, J., Liu, R. (2022). Formation of AGEs in fish cakes during air frying and other traditional heating methods. *Food Chemistry*, 391, 133213. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2022.133213>

Rajan, A., Radhakrishnan, M. (2023). 4.10- Green Technologies for Sustainable Food Production and Preservation: An Overview of Ohmic Heating, Infrared Heating and UV Light Technology. *Sustainable Food Science- A Comprehensive Approach*, 184-197. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-823960-5.00066-4>

Rawat, S., Thivya, Verma, D., Gaikwad, P.S., Choudhary, P. (2025). Chapter 5- Chemistry of ohmic heating of foods. *Chemistry of Thermal and Non-Thermal Food Processing Technologies*, 73-91. <https://doi.org/10.1016/B978-0-443-22182-8.00006-1>

Roobab, U., Fidalgo, L. G., Arshad, R. N., Khan, A. W., Zeng, X., Bhat, Z. F., Bekhit, A. E. A., Batool, Z., & Aadil, R. M. (2022). High-pressure processing of fish and shellfish products: Safety, quality, and research prospects. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 21(4), 3297-3325. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12977>

Shiekh, K. A., Benjakul, S., Qi, H., Zhang, B., & Deng, S. (2021). Combined hurdle effects of pulsed electric field and vacuum impregnation of *Chamuang* leaf extract on quality and shelf-life of Pacific white shrimp subjected to high voltage cold atmospheric plasma. *Food Packaging and Shelf Life*, 28, 100660. <https://doi.org/10.1016/j.fpsl.2021.100660>

Silva, R. Rocha, R.S., Ramos, G.L.P.A., Xavier-Santos, D., Pimentel, T.C., Lorenzo, J.M., Campelo, P.H., Silva, M.C., Esmerino, E.A., Freitas, M.Q., Cruz, A.G. (2022). What are the challenges for ohmic heating in the food industry? Insights of a bibliometric analysis. *Food Research International*, 157, 112272. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2022.111272>

Simpson, R., Nuñez, H., Jaques, A., Ramírez, C., Quiroz, N., Moreno, J., & Sastry, S. (2018). Application of a moderate electric field for the potential acceleration of the salting process of Atlantic salmon (*Salmo salar*). *Journal of Food Process Engineering*, 41(7), e12846. <https://doi.org/10.1111/jfpe.12846>

Sireesha, T., Gowda, N. A. N., & Kambhampati, V. (2022). Ultrasonication in seafood processing and preservation: A comprehensive review. *Applied Food Research*, 2(2), 100208. <https://doi.org/10.1016/j.afres.2022.100208>

- Situ, H., Li, Y., Gao, J., Zhang, C., Qin, X., Cao, W., Lin, H., & Chen, Z. (2023). Effects of cold atmospheric plasma on endogenous enzyme activity and muscle protein oxidation in *Trachinotus ovatus*. *Food Chemistry*, 407, 135119. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2022.135119>
- Tang, L., & Yongsawatdigul, J. (2021). High-intensity ultrasound improves threadfin bream surimi gelation at low NaCl contents. *Journal of Food Science*, 86(3), 842-851. <https://doi.org/10.1111/1750-3841.15637>
- Tenyang, N., Mawamba, L.A., Ponka, R., Mamat, A., Tiencheu, B., Womeni, H.M. (2022). Effect of cooking and smoking methods on proximate composition, lipid oxidation and mineral contents of *Polypterus bichir bichir* fish from far-north region of Cameroon. *Heliyon*, 8(10), e10921. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2022.e10921>
- Tsai, Y.-H., Hwang, C.-C., Kao, J.-C., Ou, T.-Y., Chang, T.-H., Lee, S.-H., & Lee, Y.-C. (2022). Cooking and pasteurizing evaluation of barramundi (*Lates calcarifer*) meats subjected to an emerging microwave-assisted induction heating (MAIH) technology. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 80, 103089. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2022.103089>
- Tsevdou, M., Dimopoulos, G., Limnaios, A., Semenoglou, I., Tsironi, T., & Taoukis, P. (2023). High Pressure Processing under Mild Conditions for Bacterial Mitigation and Shelf Life Extension of European Sea Bass Fillets. *Applied Sciences*, 13(6), 3845. <https://doi.org/10.3390/app13063845>
- Wang, K., Wang, H., Wu, Y., Yi, C., Lv, Y., Luo, H., & Yang, T. (2023). The antibacterial mechanism of compound preservatives combined with low voltage electric fields on the preservation of steamed mussels (*Mytilus edulis*) stored at ice-temperature. *Frontiers in Nutrition*, 10, 1126456. <https://doi.org/10.3389/fnut.2023.1126456>
- Yang, L., Qiu, W., Yin, Y., Row, K. H., Cheng, Y., & Jin, Y. (2017). Dielectric properties of Antarctic krill (*Euphausia superba*) and white shrimp (*Penaeus vannamei*) during microwave thawing and heating. *Journal of Microwave Power and Electromagnetic Energy*, 51(1), 3-30. <https://doi.org/10.1080/08327823.2017.1291067>
- Ye, T., Chen, X., Chen, Z., Liu, R., Wang, Y., Lin, L., & Lu, J. (2021). Quality characteristics of shucked crab meat (*Eriocheir sinensis*) processed by high pressure during superchilled storage. *Journal of Food Biochemistry*, 45(4), 1-12. <https://doi.org/10.1111/jfbc.13708>
- Yu, H., & Xie, J. (2023). Effect of different orthogonal double frequency ultrasonic assisted freezing on the quality of sea bass. *Food Chemistry: X*, 18, 100704. <https://doi.org/10.1016/j.fochx.2023.100704>
- Zhang, R., Cheng, Z., Liang, Y., Hu, X., Shen, T., Li, Y., Han, Z., Zhang, X., & Zou, X. (2023). A novel strategy for accelerating pumpable ice slurry production with ozone micro-nano bubbles and extending the shelf life of *Larimichthys polyactis*. *Foods*, 12(11), 2206. <https://doi.org/10.3390/foods12112206>
- Zhang, W., & Rhim, J.-W. (2022). Functional edible films/coatings integrated with lactoperoxidase and lysozyme and their application in food preservation. *Food Control*, 133, 108670. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2021.108670>
- Zhou, J., Dong, X., Kong, B., Sun, Q., Ji, H., & Liu, S. (2023). Effects of magnetic field-assisted immersion freezing at different magnetic field intensities on the muscle quality of golden



pompano (*Trachinotus ovatus*). *Food Chemistry*, 407, 135092.  
<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2022.135092>

## INVESTIGATION OF TOTAL AFLATOXIN LEVEL OF WALNUT SAUSAGE (ORCIK) SOLD IN ELAZIG

**Arş. Gör. Dr. Pelin DEMİR**

Department of Food Hygiene and Technology, Faculty of Veterinary Medicine, Firat  
University, p.demir@firat.edu.tr, 0000-0002-0824-1672

**Veteriner Hekim, Fatma Nur ŞENOCAK**

Department of Food Hygiene and Technology, Faculty of Veterinary Medicine, Firat  
University, fatmanuruyar13@gmail.com, 0009-0007-0917-6634

**Doç. Dr., Yasin BAYKALIR**

Department of Biostatistics, Faculty of Veterinary Medicine, Balikesir University,  
yasin.baykalir@balikesir.edu.tr, 0000-0002-9248-6065

**Prof. Dr., Ali ARSLAN**

Department of Food Hygiene and Technology, Faculty of Veterinary Medicine, Firat  
University, aarslan2@firat.edu.tr, 0000-0002-3011-5592

### ABSTRACT

This study was conducted to determine the total aflatoxin (AF) level of walnut sausage (orcik) sold in Elazığ. In the study, a total of 50 orcik samples (10 grapes, 10 mulberries, 10 apricots, 10 pomegranates, 10 kiwis) were examined. 031 Veratox® HS Quantitative Aflatoxin High Sensitivity Test, total aflatoxin kit, and high-quality monochromator-based UV/VIS spectrophotometer were used for the determination of aflatoxin. The average total aflatoxin values in the examined orcik samples were determined as  $1.629 \pm 0.072$  µg/kg in grape samples,  $1.149 \pm 0.163$  µg/kg in mulberry samples,  $1.086 \pm 0.132$  µg/kg in apricot samples,  $1.387 \pm 0.095$  µg/kg in pomegranate samples and  $1.443 \pm 0.095$  µg/kg in kiwi samples. The highest aflatoxin value was detected in grape orcik ( $2.040$  µg/kg), while the lowest was in mulberry orcik ( $0.140$  µg/kg). It was determined that all orcik samples were below the maximum limits reported in the Turkish Food Codex Contaminants Regulation. As a result, when the analyzed orcik samples were examined, it was determined that there was no standard in production in terms of total aflatoxin (AF) levels and that the necessary hygiene conditions were not followed both in production and in sales. Compliance with hygiene rules in production and sales environments, and packaging products in appropriate packaging and sales are important for orcik products to be free of mycotoxins and public health.

**Keywords:** Aflatoxin, public health, traditional product, UV/VIS spectrophotometer, walnut sausage

*\*This study was supported by Scientific and Technological Research Council of Turkey (TUBITAK) under the Grant Number 1919B012216953. The authors thank to TUBITAK for their supports*

## AKILLI POLİMERLER: MEVCUT UYGULAMALARI, GÜNCEL GELİŞMELER VE GELECEK PERSPEKTİFLERİ

**Nuri BOZKURT**

Fırat Üniversitesi, sur59.tra61@gmail.com; 0000-0003-3165-9898

**Doç. Dr. Şeyda TAŞAR**

Fırat Üniversitesi, sydtasar@firat.edu.tr, 0000-0003-3184-1542

**Prof. Dr. Gülbeyi DURSUN**

Fırat Üniversitesi, gdursun@firat.edu.tr, 0000-0001-7788-9766

### Özet

Akıllı malzemeler, çevresel uyarıcılara tepki verebilen ve belirli dış etkenler altında fiziksel veya kimyasal özelliklerini değiştirebilen gelişmiş mühendislik malzemeleridir. Bu çalışmada, akıllı polimerler ve özellikle elektriksel alana duyarlı hidrojellerin mevcut kullanım alanları, avantajları, dezavantajları ve gelecekteki potansiyel uygulamaları ele alınmaktadır. Akıllı polimerler; biyomedikal mühendisliği, sensör teknolojileri, ilaç salınım sistemleri, yumuşak robotik ve çevre dostu enerji sistemleri gibi geniş bir yelpazede uygulama bulmaktadır. Çalışmada akıllı polimerler dört ana grupta incelenmiştir: (i) akıllı polimerik jeller, (ii) şekil hafızalı polimerler, (iii) kendi kendini iyileştiren polimerler ve (iv) iletken polimerler.

Özellikle elektriksel alana duyarlı hidrojeller, dış elektrik alanlara tepki vererek şişme, büzülme veya mekanik değişiklikler gösterebilen özel malzemelerdir. Bu özellikleri sayesinde hedefe yönelik ilaç salınımı, biyosensörler, aktüatörler ve esnek elektronikler gibi birçok alanda önemli potansiyel sunmaktadırlar. Elektriksel uyarılara hızlı yanıt verebilme yetenekleri, bu malzemeleri diğer uyarılara duyarlı polimerlerden ayırmaktadır. Son yıllarda yapılan çalışmalar, elektriksel alana duyarlı hidrojellerin performansının artırılması ve yeni nesil biyomedikal uygulamalarda kullanılabilirliği üzerine yoğunlaşmaktadır. Bu bağlamda, çalışmamız akıllı polimer teknolojilerindeki güncel gelişmeleri ele alarak, bu malzemelerin mühendislik ve sağlık bilimlerindeki önemini vurgulamaktadır.

**Anahtar Kelimeler:** Akıllı Polimerler, Polimer Teknolojileri, Şekil Hafızalı Polimerler, İletken Polimerler, Biyomedikal Uygulamalar.



## SMART POLYMERS: CURRENT APPLICATIONS, CURRENT DEVELOPMENTS AND FUTURE PERSPECTIVES

**Nuri BOZKURT**

Firat University, sur59.tra61@gmail.com; 0000-0003-3165-9898

**Assoc. Prof. Dr. Şeyda TAŞAR**

Firat University, sydtasar@firat.edu.tr, 0000-0003-3184-1542

**Prof. Dr. Gülbeyi DURSUN**

Firat University, gdursun@firat.edu.tr, 0000-0001-7788-9766

### **Abstract**

Smart materials are advanced engineering materials capable of responding to environmental stimuli by altering their physical or chemical properties under specific external influences. This study explores the current applications, advantages, disadvantages, and future potential of smart polymers, focusing on electrically responsive hydrogels. Smart polymers have a wide range of applications in biomedical engineering, sensor technologies, drug delivery systems, soft robotics, and eco-friendly energy systems. In this study, smart polymers are classified into four main categories: (i) smart polymeric gels, (ii) shape-memory polymers, (iii) self-healing polymers, and (iv) conductive polymers.

Electrically responsive hydrogels are specialized materials that react to external electric fields by swelling, shrinking, or undergoing mechanical transformations. These unique properties make them highly promising for targeted drug delivery, biosensors, actuators, and flexible electronics. Their ability to respond rapidly to electrical stimuli distinguishes them from other stimulus-responsive polymers. Recent research has focused on enhancing the performance of electrically responsive hydrogels and expanding their applications in next-generation biomedical technologies. This study highlights recent developments in smart polymer technologies and emphasizes their significance in engineering and health sciences.

**Keywords:** Smart Polymers, Polymer Technologies, Shape-Memory Polymers, Conductive Polymers, Biomedical Applications.



## COMPUTATIONAL INVESTIGATION OF THE REDUCTION-ACTIVATED Pt(IV) PRODRUGS WITH DIAMINE LIGANDS

Dr. Öğr. Üyesi BURCU DEDEOĞLU

Gebze Teknik Üniversitesi, b.dedeoglu@gtu.edu.tr - 0000-0001-9504-2913

### ABSTRACT

Octahedral Pt(IV) complexes are regarded as promising alternatives to address certain limitations of clinically approved Pt(II) drugs<sup>1</sup>. Due to their inert nature, Pt(IV) compounds can potentially prevent premature aquation and unintended interactions with vital plasma proteins. Additionally, they demonstrate significant potential for oral administration while minimizing side effects. Furthermore, their pharmacological properties can be precisely adjusted by selecting suitable axial ligands. An essential aspect of their mechanism involves intracellular reduction by biological reducing agents, leading to the formation of the active cytotoxic Pt(II) species with the concurrent release of axial ligands<sup>2</sup>. In this study, we theoretically investigate the activation of Pt(IV) complexes based on 3,4-diaminobenzoic acid (DABA) and 4-chloro-o-phenylenediamine (CPDA), which are considered prodrugs of Pt(II) drugs, via density functional theory (DFT). One of the dominant reductants in human plasma, l-ascorbic acid in its monodeprotonated form, is used as the reducing agent. The reduction process by small biomolecules, which is expected to occur via either inner- or outer-sphere electron transfer mechanisms, has been explored, with a focus on the widely accepted inner-sphere mechanism. Additionally, ADME investigations were performed to study the absorption and metabolism properties of the Pt(IV) complexes.

**Keywords :** Platinum drugs, reduction, density functional theory.

---

<sup>1</sup>Johnstone, T.C.; Suntharalingam, K.; Lippard, S. The Next Generation of Platinum Drugs: Targeted Pt(II) Agents, Nanoparticle Delivery, and Pt(IV) Prodrugs. *Chem. Rev.* 2016, 116, 3436–3486.

<sup>2</sup>Ponte, F.; Scoditti, S.; Mazzone, G.; Sicilia, E. The current status in computational exploration of Pt(IV) prodrug activation by reduction. *Phys. Chem. Chem. Phys.*, 2023, 25, 15586-15599.

## TEKSTİLDE KULLANILAN BİYOPOLİMERLER

**Nejla ÇEVEN**

Vanelli Tekstil San. ve Tic.A.Ş., Organize Sanayi Bölgesi, Nilüfer, Bursa, Türkiye,  
nejla@vanellitextile.com, 0009-0004-4926-8881

**Safiye Berfin DEMİRCAN**

Vanelli Tekstil San. ve Tic.A.Ş., Organize Sanayi Bölgesi, Nilüfer, Bursa, Türkiye,  
berfin@vanellitextile.com

**Prof. Dr. Erhan KENAN ÇEVEN**

Bursa Uludağ Üniversitesi, Mühendislik  
Fakültesi, Tekstil Mühendisliği Bölümü, Nilüfer,  
Bursa, rceven@uludag.edu.tr, 0000-0003-3283-4117

**Doç.Dr. Gizem KARAKAN GÜNAYDIN**

Pamukkale Üniversitesi, Mimarlık Tasarım Fakültesi, Tekstil ve Moda Tasarımı  
Bölümü, Denizli, Türkiye, ggunaydin@pau.edu.tr - 0000-0001-9164-3391

### ÖZET

Tekstil endüstrisinde biyopolimerler, sürdürülebilirlik ve çevre dostu üretim anlayışının bir parçası olarak giderek daha fazla önem kazanmaktadır. Doğal veya sentetik kaynaklardan elde edilebilen bu polimerler, biyobozunur yapıları sayesinde ekolojik dengeyi korumaya yardımcı olur. Doğal biyopolimerler arasında selüloz, ipek fibroini, keratin, aljinat ve kitosan gibi maddeler yer alır. Pamuk ve keten gibi bitkisel liflerin temel bileşeni olan selüloz, yaygın kullanılan bir biyopolimerdir. İpek fibroini ve keratin, hayvansal kökenli olup lüks tekstillerde ve fonksiyonel uygulamalarda tercih edilirken, aljinat ve kitosan gibi deniz kaynaklı biyopolimerler medikal tekstillerde öne çıkar. Sentetik biyopolimerler ise biyoteknolojik yöntemlerle üretilen ve biyobozunur özelliklere sahip olan polimerlerdir. Mısır nişastası gibi yenilenebilir kaynaklardan elde edilen Polilaktik Asit (PLA), spor giyim ve tıbbi tekstillerde kullanılırken, Polihidroksibütirat (PHB) ve Polihidroksialkanoatlar (PHA) gibi mikroorganizma bazlı biyopolimerler ekolojik tekstillerde tercih edilmektedir.

Biyopolimerler; giysi, medikal tekstil, teknik tekstil ve ambalaj gibi farklı alanlarda kullanım bulur. Antibakteriyel, nem yönetimi, UV koruma ve biyobozunurluk gibi üstün özellikleri sayesinde, sürdürülebilir tekstil üretiminde kilit bir rol oynarlar. Çevresel etkileri azaltarak tekstil sektörünün geleceğine yön veren biyopolimerler, yenilikçi malzemelerle doğa dostu

çözümler sunmaya devam etmektedir. Bu çalışmada son yıllarda tekstil sektöründe kullanılan biyopolimerler sürdürülebilirlik açısından da incelenerek, bu biyopolimerlerden elde edilen tekstil ürünleri ve tasarımları hakkında bilgi verilecektir.

**Anahtar Kelimeler :** Biyopolimer malzemeler, biyopolimer esaslı tekstil ürünleri, sürdürülebilir tekstiller

## 1. GİRİŞ

Biyopolimerler, doğada bulunan veya biyoteknolojik yöntemlerle üretilen, biyolojik olarak parçalanabilen ve yenilenebilir kaynaklardan elde edilen polimerlerdir. Fosil bazlı plastiklerin çevresel etkilerinin artması ve sürdürülebilir malzeme ihtiyacının büyümesiyle biyopolimerler, çevre dostu alternatifler olarak büyük önem kazanmıştır. Bu polimerler genellikle bitkisel, hayvansal veya mikrobiyal kaynaklardan türetilir ve biyo bozunur veya biyolojik olarak geri dönüştürülebilir özelliklere sahiptir.

Biyopolimerler; polisakkaritler (nişasta, selüloz, kitosan), protein bazlı polimerler (keratin, kollajen, soya proteini) ve mikrobiyal kökenli polimerler (polihidroksialkanoatlar - PHA, polilaktik asit - PLA) gibi çeşitli gruplara ayrılmaktadır. Gıda ambalajından tıbbi malzemelere, tekstilden biyomedikal uygulamalara kadar geniş bir kullanım alanına sahip olan biyopolimerler, özellikle plastik atık krizine çözüm sunabilecek potansiyele sahiptir.

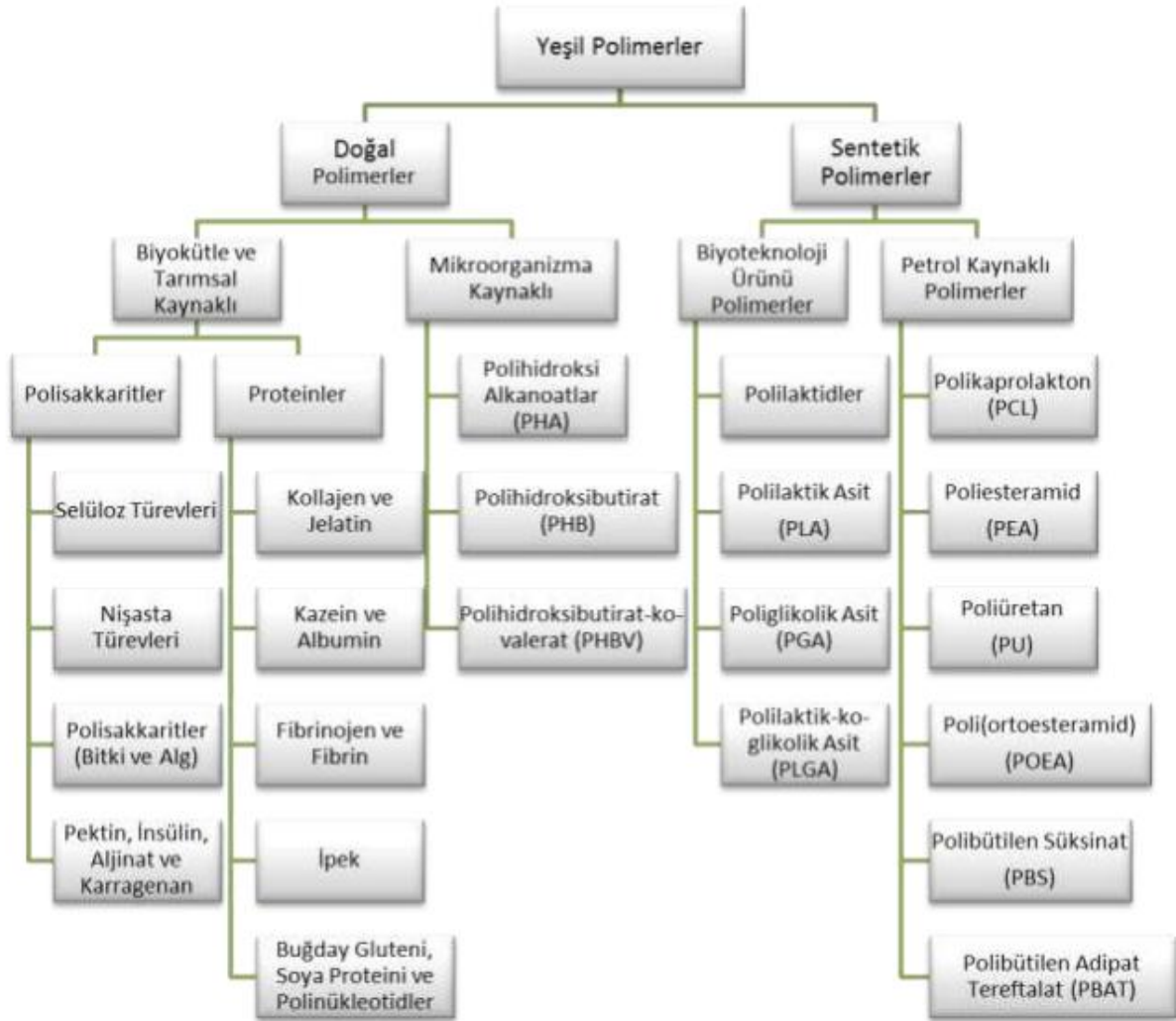
Son yıllarda biyopolimer teknolojilerinde yaşanan gelişmeler, bu malzemelerin mekanik dayanım, işlenebilirlik ve maliyet açısından daha rekabetçi hale gelmesini sağlamaktadır. Ancak, biyopolimerlerin yaygın olarak kullanılabilmesi için üretim süreçlerinin optimize edilmesi ve maliyetlerin düşürülmesi gerekmektedir. Gelecekte, biyoteknoloji, nanoteknoloji ve ileri malzeme biliminin katkılarıyla biyopolimerlerin daha geniş endüstriyel uygulamalara entegre edilmesi beklenmektedir [1-3]

Biyopolimerler, doğada bulunan ya da biyoteknolojik süreçlerle üretilen, canlı organizmaların yapı taşı olarak görev yapan büyük moleküllerdir. Temel olarak karbon, hidrojen, oksijen ve azot gibi elementlerden oluşurlar ve proteinler, polisakkaritler, lipitler gibi doğal polimerler bu sınıfa girer. Biyopolimerlerin özelliği, biyolojik olarak parçalanabilme kapasiteleridir; bu, çevre dostu olmalarını sağlar. Ayrıca biyopolimerler, mekanik ve termal dayanıklılıklarıyla öne

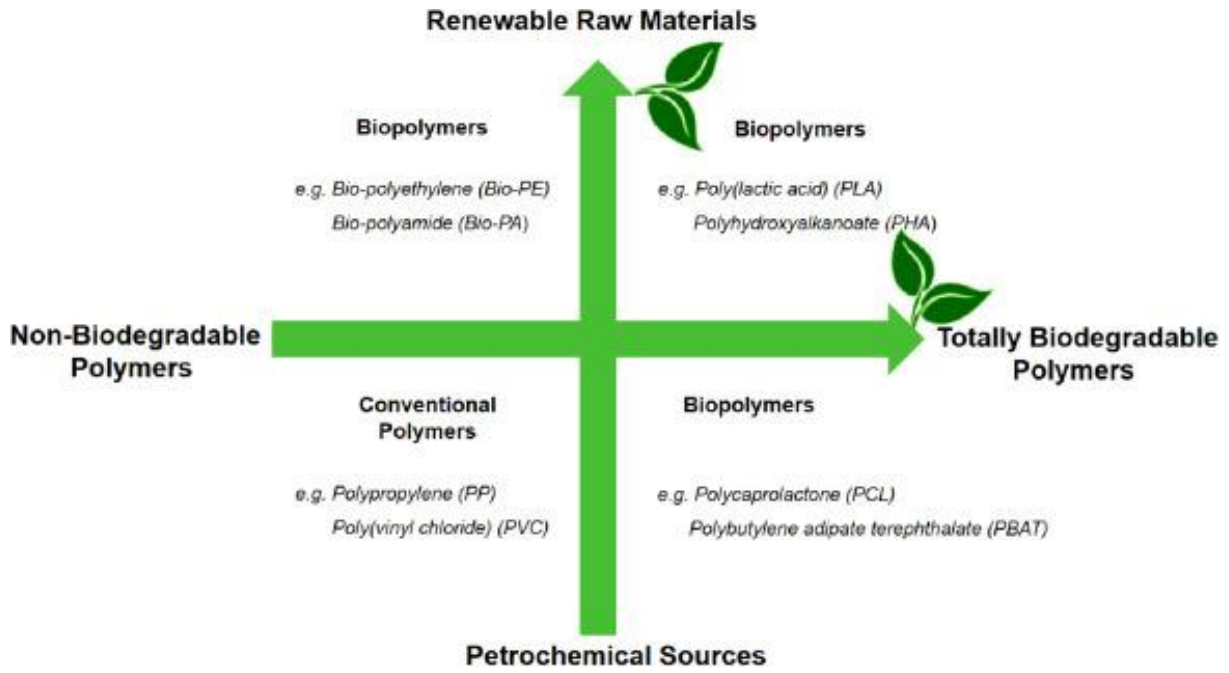
çıkar. Kullanım alanlarına göre suya dayanıklılık, gaz geçirgenliği gibi özellikler sergileyebilirler ve bu çok yönlü yapıları sayesinde geniş bir uygulama yelpazesine sahiptirler.

## 2. Biyopolimerlerin Sınıflandırılması ve Kullanım Alanları

Son yıllarda yeşil polimerler, diğer bir deyişle biyopolimerler, pek çok araştırmacının dikkatini çekmiş ve bu alanda kapsamlı çalışmalar gerçekleştirilmiştir. Armentano ve çalışma arkadaşları biyopolimerleri, “Doğal ortamda mikroorganizmaların enzimatik reaksiyonları sonucunda karbondioksit ve su gibi basit moleküllere ayrışabilen biyobozunur polimerler” şeklinde tanımlamıştır [4]. Rao ve ekibi, bu polimerleri “Tüm organizmaların büyüme sürecinde doğal olarak oluşan polimerler” şeklinde tanımlamıştır [5]. Bu tanımlardan yola çıkarak, biyopolimerler; biyokütle tarafından doğal süreçlerle üretilen, çevrede bulunan mikroorganizmalar tarafından parçalandığında çevresel kirliliğe neden olmayan ve bu nedenle **yeşil malzemeler** kategorisinde değerlendirilen polimerler olarak açıklanabilir.



Görsel 1. Yeşil polimerlerin sınıflandırılması ve farklı türleri [7]



**Görsel 2.** Konvensiyonel Polimerler ve Biyopolimerlerin yenilenebilirlik ve biyobozunurluk özellikleri açısından gösterimi

Ayrıca, biyopolimerler termal davranışlarına göre elastomerler, termosetler ve termoplastikler şeklinde de sınıflandırılabilir. Son yıllarda, biyo bazlı termosetler, biyo bazlı termoplastiklere kıyasla bileşen geliştirme sürecinde daha fazla ilgi görünürken, elastomerler ise birçok bilim insanı tarafından yenilikçi malzemeler olarak değerlendirilmiştir. Bileşimlerine göre ise biyopolimerler; karışımlar, laminatlar ve kompozitler olmak üzere üç ana kategoriye ayrılır. Pek çok biyopolimer, biyolojik olarak parçalanabilir veya parçalanamaz nitelikteki doğal ya da sentetik bir başka biyopolimer ile harmanlanma potansiyeline sahiptir. Biyokompozitlerin geliştirilmesi, yeni ürünlerin üretiminde karşılaşılan çeşitli zorlukların aşılmasına yardımcı olarak, günümüz araştırma ve inovasyon alanında önemli bir konum kazanmıştır [8-10].

Biyopolimerler; temelde, biyolojik olarak parçalanabilen ve parçalanamayan biyopolimerler ile ayrıca biyo bazlı ve biyo bazlı olmayan biyopolimerler olmak üzere iki ana grup tanımlanabilir. Biyolojik olarak parçalanabilen biyopolimerler, mikroorganizmaların enzimleri aracılığıyla karbondioksit, metan, su, inorganik bileşikler veya biyokütleyle dönüşebilen malzemeler olarak ifade edilir (Görsel 1). Yeşil polimerlerden bazılarını aşağıdaki şekilde özetleyebilmekteyiz.

Nişasta bitkilerin; yapraklarından, çiçeklerinden, meyvelerinden, tohumlarından ve köklerinden elde edilebilen oldukça verimli bir karbonhidrat türüdür. Bitkiler tarafından karbon ve enerji kaynağı olarak kullanılmaktadır. Amiloz,  $\alpha$ -(1, 4) bağları ile bağlanmış D-glukoz

moleküllerinden meydana gelen nişastanın su absorpsiyonunda, şişmesinde ve jelatinize olmasında etkili olan bir bileşendir. Nişasta, kağıt endüstrisinde tutkal ve kaplama malzemesi, plastik ambalajlarda biyobozunurluk için takviye, kozmetik ürünlerde kıvamlaştırıcı, ilaç endüstrisinde tabletler için dolgu ve bağlayıcı malzeme, süspansiyonlar için kıvamlaştırıcı ve tatlandırıcı olarak, tekstil boyalarında dolgu malzemesi, kimya endüstrisinde yağ ve kir tutucu olarak köpük ve film formunda günlük gıda ürünlerinin ambalajlanmasında, inşaat sektöründe çevre dostu yalıtım köpüğü olarak ve diş macunu gibi kişisel bakım ürünlerinde dolgu malzemesi ve şekeriz tatlandırıcı olarak kullanılmaktadır

Selüloz, dünya üzerinde bol miktarda bulunan, bitkiler ve bakteriler gibi biyokütlelerden elde edilen biyopolimerlerdir. Selüloz, tekrarlanan  $\beta$ -D-glukopiranoz birimlerinden meydana gelmektedir. Selülozun yapısında bulunan polar OH grupları hidrojen bağları ile D-glukoz birimlerinin birbirine yakın durmasını sağlar. Birbirine yakın ve düzenli şekilde dizilmiş olan bu birimler, sert ve stabil kristalin bölgeleri oluşturur. Selüloz ve türevleri; medikal sektörde, gıda sektöründe, tekstil sektöründe ve plastik sanayiinde geniş kullanım alanlarına sahiptir.

Selüloz ve türevleri bunun yanında, gıda sektöründe inceltici, aroma verici ve kıvam arttırıcı; inşaat sektöründe yalıtım sistemlerinde, ilaç sektöründe takviye ve kaplama olarak; plastik sanayiinde, kompozitlerde destek materyali olarak geniş bir kullanım alanına sahiptir.



**Görsel 3.** Selüloz uygulamaları; a) İzolasyon sistemleri, b) Otomotiv kompozitleri, c) Genel kullanım materyalleri [11]

**Kitin;** 2-asetamido-2-deoksi- $\beta$ -D-glukoz monomerlerinin  $\beta$ -(1,4) bağı ile birbirine bağlanmasından oluşmuş bir biyopolimerdir. Kitin doğada bol bulunan mukopolisakkarit yapısındadır ve selülozdan sonra doğada en çok bulunan ikinci yenilenebilir biyopolimerdir. Kitosan ise kitinin deasetillenmiş formudur. Kitosanın biyolojik olarak yenilenebilir yapısı, biyobozunur ve biyoyumlu olması, antijenik ve toksik olmaması ile biyofonksiyonel özellikler taşıması, bu polimerin ve ondan elde edilen komplekslerin biyomedikal uygulamalarda kullanımını mümkün kılmıştır. Özellikle yara örtü malzemeleri ve ilaç dağıtım sistemleri gibi alanlarda yaygın olarak tercih edilmektedir. Kitin ve kitosan, antibakteriyel ve antifungal

özellikleri sayesinde kozmetik sektöründe; krem, losyon ve tırnak cilalarında, dermokozmetik alanında ise yanık gibi cilt problemlerinin giderilmesinde kullanılmaktadır. Medikal alanda ilaç tabletleri ve kontrollü salım sistemlerinde yer alırken, kâğıt sanayiinde hidrokümetil kitin türeviyle takviye amaçlı kullanılmaktadır. Ayrıca, katı pillerde iyonik iletken olarak görev yaparken, tekstil endüstrisinde boya tutucu filtrelerde ve su arıtma sistemlerinde ağır metaller ile toksik organik bileşikleri tutan filtrelerde de yaygın şekilde tercih edilmektedir.



**Görsel 4.** Kitin/kitosan uygulamaları; a) Medikal sargılar, b) Medikal iplikler c) Genel kullanım materyalleri [11]

**Kolajenler** proteinlerden elde edilen en önemli biyopolimerlerden biridir. Son yıllarda yapılan çalışmalarda yapısal olarak 22 farklı kolajen molekülü ve bunları kodlayan gen bilgileri belirlenmiştir. Kolajenin büyük bir bölümü; prolin, hidrokisprolin ve glisin moleküllerinin biraraya gelmesi sonucu oluşmaktadır. Kolajen, oftalmoloji alanında, yara iyileşmesi için protein kaynağı olarak, mini peletler ve tabletler için süngerlerde, transdermal sistemlerde ve gen taşınımı amacıyla nanopartiküllerle kombinlenen jel formülasyonlarının üretiminde kullanılmaktadır. Ayrıca, ilaç salımı için lipozomlarda, cerrahi dikişlerde, hemostatik ajanlarda ve doku mühendisliği uygulamalarında yapay kan damarlarının geliştirilmesinde rol oynamaktadır. Bunun yanı sıra, ince ve biyobozunabilir filmler oluşturabilme özelliği sayesinde adezyon bariyer membranlarda, ilaç taşıma sistemlerinde ve dermal dolgularda da yaygın olarak kullanılmaktadır.

Mikroorganizma kaynaklı yeşil polimerlerden olan Polihidroksialkanoatlar (PHA) Bakteriyel plastik veya biyoplastik denilen ve petrokimyasal plastiklerin neden olduğu çevresel kirliliğe alternatif olarak ortaya çıkmıştır. Poli- $\beta$ hidrokisalkanoatlar (PHA), geleneksel plastik potansiyeline sahip, fermentasyon sonucu üretilen polimerlerdir

PHA, bakteriler tarafından karbon ve enerji depolamak amacıyla sentezlenir. Biyolojik olarak parçalanabilir yapıya sahip olan bu polimerler, biyoplastik üretiminde yaygın şekilde kullanılmaktadır. PHA kopolimerlerinin bileşimi, kimyasal yapılarına bağlı olarak farklılık

göstermektedir. Petrol bazlı polimerler ve diğer biyoplastiklerden farklı olarak, PHA UV ışınlarına karşı dayanıklıdır ve yaklaşık 180°C sıcaklığa kadar stabil kalabilir. Kristallik derecesi yaklaşık %70 olup, işlenebilirlik özellikleri, darbe dayanımı ve esnekliği valerat oranının artmasıyla iyileşmektedir. Ayrıca, PHA; kloroform, diklorometan ve dikloroetan gibi çözücülerde çözünebilmektedir [7]

### 3. BİYOPOLİMERLERİN KULLANIM ALANLARI

Biyopolimerlerin kullanım alanları arasında; gıda sektöründe kullanılan kaplama malzemeleri, otomotiv ve beyaz eşya sektörlerinde kullanılan kompozitler, inşaat sektöründe kullanılan yalıtım malzemeleri ve medikal sektörde kullanılmakta olan cerrahi malzemeler ve implantlar ön plana çıkmaktadır. Biyopolimerler, “Yeşil bitkiler, hayvanlar, bakteriler ve mantarlar tarafından, yaşam döngüsü esnasında doğal yolla üretilmekte olan polimerler” olarak da açıklanabilir. Biyopolimerler; tekstil, gıda, kozmetik, inşaat, otomotiv, beyaz eşya ve medikal sektörlerinde yaygın şekilde kullanılmakta ve gün geçtikçe petrol kaynaklı polimerlere oranla daha fazla tercih edilebilir hale geleceği düşünülmektedir. Biyopolimerlerin kullanım alanları arasında; gıda sektöründe kullanılan kaplama malzemeleri, otomotiv ve beyaz eşya sektörlerinde kullanılan kompozitler, inşaat sektöründe kullanılan yalıtım malzemeleri ve medikal sektörde kullanılmakta olan cerrahi malzemeler ve implantlar ön plana çıkmaktadır [8].

Biyoplastik üretiminde kullanılan biyopolimerler, çevre dostu plastiklerin elde edilmesini mümkün kılmaktadır. İnsanlar arasında çevre bilincinin artmasıyla birlikte birçok plastik endüstrisi, biyoplastik üretimine yönelik aktif çalışmalar yürütmektedir. Doğada daha hızlı çözünebilen biyoplastik ürünler, plastik kullanımının yaygın olduğu birçok alanda üretilmektedir. Bu alanda önemli bir biyoplastik hammadde olan PHB polimeri, biyoplastik üretiminde sıkça tercih edilen malzemelerden biri olarak öne çıkmaktadır. Tamamen stereospesifik yapıya sahip olan PHB, oldukça yüksek kristallik oranına sahiptir. Günümüzde biyoplastik üretiminin maliyeti oldukça yüksek olduğundan, satış aşamasında da geleneksel plastiklere kıyasla daha pahalıdır. Bu durum, tüketicilerin biyoplastik ürünlere yeterince ilgi göstermemesine ve geleneksel plastiklerin daha ekonomik ve pratik bulunarak tercih edilmesine neden olmaktadır.



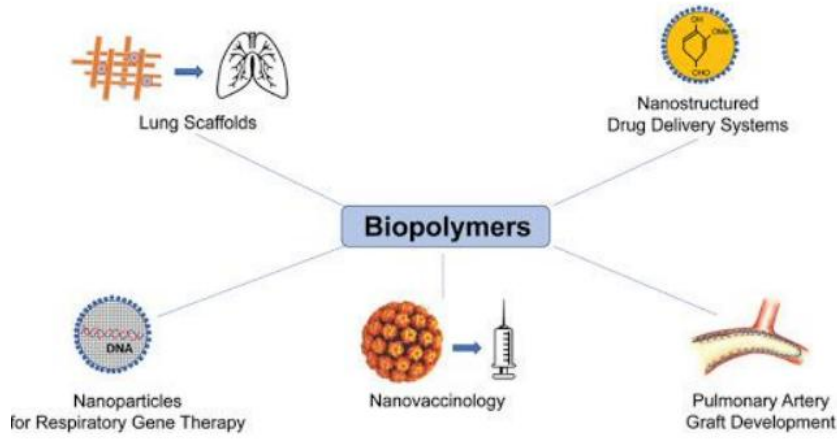
### ***Biyobozunur Gıda Ambalaj Filmleri :***

Son on yılda, Avrupa pazarında biyo-bazlı plastikler tüketicilere sunulmaya başlanmıştır. Başlangıçta sağlık sektörü ve ambalaj endüstrisi için geliştirilen biyoplastikler (biyolojik olarak parçalanabilen torbalar, esnek ve çevre dostu ürünler), günümüzde yapısal bileşenlerde de yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Mekanik özelliklerinin geliştirilmesi durumunda, biyopolimerler günümüzde yaygın olarak kullanılan bazı petrol bazlı ürünlerin yerine geçebilmektedir [11-13]. Gıda ile temas halindeki maddeler; tek kullanımlık çatal, bıçak, içecek kapları, salata kapları, tabaklar, ambalaj kağıtları ve ince filmler, pipet, karıştırıcılar, kapaklar, kutular, şarküteri ve fast-food kuruluşlarının kullandığı polimer ambalajlardır. Bu ambalajların biyobozunur polimerlerden yapılması çevre açısından önemlidir. Sulu, asidik ve yağlı yiyeceklerle temas halinde olan ambalaj filmlerinin oda sıcaklığı altında korunması veya oda sıcaklığının yaklaşık 60°C üzerinde korunmasını sağlayan ambalaj filmleri üzerine çalışmalar yapılmaktadır [7].

### ***Biyomedikal Uygulamalar***

Tıbbi alanda kullanılan polimerler arasında, vücutta canlı hücrelerle doğrudan temas eden malzemeler “polimerik biyomalzemeler” olarak adlandırılmaktadır. Bu tür biyomalzemeler, tek kullanımlık medikal ürünler, cerrahi operasyonlarda kullanılan yapıştırıcı ve dolgu malzemeleri ile doku yenileme protezleri gibi birçok farklı alanda kullanılmaktadır. Göz içi lensler, diş implantları, meme implantları, yapay böbrek, yapay kalp ve yapay damar gibi geçici veya kalıcı yapay organlar da bu kapsamda değerlendirilmektedir. Tıbbi uygulamalarda kullanılan biyomalzemeler, toksik olmayan, biyoyumlu, steril ve inert yapıya sahip olmalıdır. Son dönemde biyobozunur polimerlere olan ilginin artmasının iki temel nedeni bulunmaktadır: i) Biyobozunur polimerler, yüksek biyoyumluluk gösteren malzemelerdir. ii) Hafif yapıları sayesinde enfeksiyon riskini minimum seviyeye indirirler.

Örneğin, cerrahi uygulamalarda biyobozunur malzemelerin en yaygın kullanım alanlarından biri dikiş iplikleridir. Hayvan bağırsaklarından elde edilen kollajen, kromlama işlemi sonrasında cerrahi dikişlerde kullanılmaktadır. Ayrıca, biyobozunur polimerlerin cerrahi alandaki bir diğer önemli kullanım alanı, hemostaz sağlayıcılar, doku yapıştırıcıları ve yara kapama malzemeleridir. Bu amaçla kullanılan biyomalzemeler arasında jelatin, kollajen, kitosan, selüloz, karboksimetil selüloz, fibrin ve trombin bulunmaktadır [6-9].



Görsel 3. Biyomedikal uygulamalarda biyopolimerlerin kullanımı [7]

### ***Otomotivde Kullanımı***

Otomotiv endüstrisinde, araçlarda kullanılan plastiklerin toplam kütle içindeki payı yaklaşık %12'dir. Başka bir ifadeyle, bir otomobilin iç ve dış yapısında ortalama 114 kg plastik bulunmaktadır. Sektörde en yaygın kullanılan polimer türleri arasında polipropilen (PP), poliamid (PA), poliüretan ve akrilonitril-butadien-stiren (ABS) yer almaktadır.

Biyopolimerlerin petrol bazlı polimerlerin yerini almaya başlamasıyla birlikte, otomotiv sanayinde de bu alanda çeşitli çalışmalar yürütülmüş ve çok sayıda patent alınmıştır. Özellikle doğal liflerle güçlendirilmiş biyopolimerler; gösterge panelleri, kapı kaplamaları, far yuvaları, ızgaralar ve çamurluklar gibi otomobilin iç ve dış aksamalarında kullanım açısından büyük bir potansiyel taşımaktadır. Araç üretiminde biyopolimerlerin kullanımı, karbondioksit (CO<sub>2</sub>) emisyonunu azaltarak sera etkisini önlemeye katkı sağlamaktadır. Otomotiv sektöründe biyopolimerler, tek başlarına kullanılabilirdiği gibi diğer polimer türleriyle karıştırılarak da değerlendirilebilmektedir [6-9].

### ***Biyopolimerler ve Nanoteknoloji***

Nanoteknoloji, nanomalzemelerin sentezi, karakterizasyonu ve uygulamalarını kapsayan bir bilim dalıdır. Çevre dostu biyopolimerler kullanılarak nanoparçacık sentezine yönelik son gelişmeler, bu süreçleri daha verimli hale getirmeye odaklanmaktadır. Sentez yöntemlerinin temel amacı, geleneksel fiziksel ve kimyasal süreçler yerine "yeşil" kimya prensipleri ve biyoteknolojik yaklaşımları geliştirmektir. Metal nanoparçacıklar, kuantum boyut etkilerinden dolayı benzersiz özellikler sergilemektedir. Ancak, bu nanoparçacıkların sentezinde kullanılan

yöntemlerin büyük bir kısmı çevresel açıdan ciddi tehditler oluşturmaktadır. Yaygın olarak tercih edilen sentetik yöntemlerde, organik çözücüler ve hidrazin, N-dimetilformamid ve sodyum borohidrit gibi toksik indirgeme ajanları kullanılmaktadır. Bu kimyasal bileşenler son derece reaktif olup, hem çevre hem de biyolojik sistemler için ciddi riskler taşımaktadır.

Atıkların azaltılması ve sürdürülebilir üretim süreçlerine olan ilginin artmasıyla birlikte, çevreye duyarlı yeşil kimya yaklaşımlarının geliştirilmesi giderek daha fazla önem kazanmaktadır. Biyopolimerler, çeşitli nanoparçacıkların sentezinde indirgeme ajanı olarak yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Kitosan, heparin, çözümlü nişasta, selüloz, jelatin, PVA ve PVP gibi biyopolimerler, zararlı reaktiflerin yerine kullanılarak daha çevre dostu sentez süreçlerine katkı sağlayabilmektedir [14].

### ***Biyobazlı Plastikler***

Tamamen biyokompozit malzemeler, yalnızca düşük ağırlıklarıyla bilinen doğal lifler kullanılarak üretilmektedir. Düşük yoğunluğa sahip doğal lifler (0,3-0,5 gr/cm<sup>3</sup>), cam lifi (2,5-2,7 gr/cm<sup>3</sup>) ve birçok dolgu maddesine kıyasla daha hafif olduğundan, biyokompozit üretiminde yaygın olarak tercih edilmektedir [12]. Son yıllarda biyomalzemeler üzerine birçok bilimsel çalışma gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmalar, doğal ve sentetik liflerle desteklenen biyomalzemelerin mekanik özelliklerinin iyileştirilmesine odaklanmıştır. Bu alanda öne çıkan materyaller arasında polilaktik asit (PLA) ve poli-β-hidroksialkanat (PHA) grubuna ait polihidroksibütirat (PHB) bulunmaktadır. Bartczak ve arkadaşları (2013), PLA ile ataktik PHB (a-PHB) karışımları kullanarak elde ettikleri biyopolimerlerin çekme ve darbe dirençlerinde önemli bir artış sağladıklarını rapor etmişlerdir [16]. Zhang ve Thomas (2011) farklı oranlarda (%25, %50, %75 ve %100) PLA/PHB biyopolimerleri üzerinde yaptıkları çalışmada, bu malzemelerin mekanik, termal ve biyobozunma özelliklerini incelemişlerdir. SEM analizlerine dayanarak, PLA'nın amorf bir polimer olarak tipik yüzey kırılmalarına sahip olduğunu, PHB'nin ise düzensiz kırılmalar sergilediğini tespit etmişlerdir. Ayrıca, PHB'de gözlemlenen düzensiz kırılmaların kristalin yapısından kaynaklandığını öne sürmüşlerdir [17]. Khanna ve Srivastava (2005), mikroorganizmalar tarafından üretilen termoplastik bir polimer olan PHB'nin yüksek kristalin oranına (%80) ve 173-180 °C arasında değişen erime noktasına sahip olduğunu bildirmişlerdir [18]. Ayrıca, PHB'nin camsı geçiş sıcaklığı (Glass transition temperature - T<sub>g</sub>) 1-5 °C aralığında olup, bu sıcaklık polimerlerin karakteristik özelliklerinden biridir. T<sub>g</sub>'nin altında polimerler sert ve kırılabilir bir yapı gösterirken, T<sub>g</sub>'nin üzerinde esneklik kazanarak bükülme kabiliyeti artmaktadır [16-20].

## GENEL DEĞERLENDİRME VE SONUÇLAR

Biyopolimerler, sürdürülebilir ve çevre dostu malzemeler olarak günümüzde giderek daha fazla önem kazanmaktadır. Fosil kaynaklara bağımlılığı azaltmaları, biyo bozunur yapıları ve yenilenebilir kaynaklardan elde edilmeleri sayesinde özellikle ambalaj, tıp, tekstil ve otomotiv gibi birçok sektörde kullanım alanı bulmaktadır. Geleneksel plastiklerin çevresel etkileri göz önüne alındığında, biyopolimerler ekolojik dengeyi koruma açısından kritik bir alternatif sunmaktadır. Gelecekte, biyoteknoloji ve malzeme bilimi alanındaki ilerlemeler sayesinde biyopolimerlerin mekanik, termal ve işlenebilirlik özelliklerinin daha da geliştirilmesi beklenmektedir. Ayrıca, atık yönetimi ve döngüsel ekonomi anlayışının yaygınlaşmasıyla, biyopolimer bazlı ürünlerin endüstriyel üretimde daha büyük bir yer edinmesi öngörülmektedir.

Biyopolimerler, doğal kaynaklardan elde edilebilmeleri ve biyolojik olarak parçalanabilir özellikleri sayesinde çevresel sürdürülebilirliğe katkıda bulunan yenilikçi malzemelerdir. Günümüzde tekstil, gıda ambalajı, tıbbi malzemeler, ilaç taşıma sistemleri ve tarım gibi birçok alanda yaygın olarak kullanılmaktadır. Fosil yakıtlara dayalı plastiklerin neden olduğu atık sorununa çözüm sunan biyopolimerler, karbon ayak izini azaltarak yeşil üretim süreçlerinin gelişmesine olanak tanımaktadır. Polilaktik asit (PLA) gibi biyobozunur polimerler, sentetik liflere alternatif olarak tercih edilmekte ve geri dönüştürülebilir tekstil ürünlerinin geliştirilmesine katkı sağlamaktadır. Ayrıca, biyopolimer bazlı kaplamalar ve lifler, antibakteriyel, nem yönetimi ve UV koruma gibi fonksiyonel özellikler kazandırarak teknik tekstillerde de kullanım alanı bulmaktadır. Gelecekte, biyopolimerlerin tekstil sektöründe daha yaygın hale gelmesiyle, sürdürülebilir moda ve döngüsel ekonomi uygulamalarının güçlenmesi beklenmektedir.

## KAYNAKÇA

- [1] Ondaral, M., & Kalyoncu, E. E. (2024). Farklı Biyopolimerler ile Kaplanmış Ağartılmamış Kraft Kâğıtlarının Mekanik ve Fiziksel Özellikleri. *Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, 26(1), 45-54.
- [2] Baştuğ, E. (2024). *Doğal lif takviyeli biyopolimer kompozit üretimi ve aşınma özelliklerinin incelenmesi* (Master's thesis).
- [3] Düzakın, E. (2021). Sürdürülebilir tasarım yaklaşımı açısından biyoplastiklerin incelenmesi. *Sanat ve Tasarım Dergisi*, 11(1), 73-92.
- [4] Armentano, I, N Bitinis, E Fortunati, S Mattioli, N Rescignano, R Verdejo, MA Lopez-Manchado, and JM Kenny. 2013. Multifunctional nanostructured PLA materials for packaging and tissue engineering. *Progress in Polymer Science*, 38: 1720-47.
- [5] Rao, MG, P Bharathi, and RM Akila. 2014. A comprehensive review on biopolymers. *Sci. Revs. Chem. Commun*, 4: 61-68.
- [6] Al Kubatı, A.B.H., 2021, Biyopolimerler, Eskişehir Teknik Üniversitesi, Kimya Mühendisliği Bölümü Lisans Tezi, Eskişehir.
- [7] Kim, Seungdo, and Bruce Dale. 2005. 'Life cycle assessment study of biopolymers (Polyhydroxyalkanoates)-Derived from NoTilled Corn (11 pp)', *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 10: 200-10.
- [8] Yoruç, A. B. H., & Uğraşkan, V. (2017). Yeşil Polimerler ve Uygulamaları. *Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 17(1), 318-337.
- [9] George, A. et al. (2020a) 'A comprehensive review on chemical properties and applications of biopolymers and their composites', *International Journal of Biological Macromolecules*. Elsevier B.V., 154, pp. 329–338. doi: 10.1016/j.ijbiomac.2020.03.120. 10.
- [10] George, A. et al. (2020b) 'A comprehensive review on chemical properties and applications of biopolymers and their composites', *International Journal of Biological Macromolecules*. doi: 10.1016/j.ijbiomac.2020.03.120.
- [11] Jamshidian, Majid, Elmira Arab Tehrany, Muhammad Imran, Muriel Jacquot, and Stéphane Desobry. 2010. Poly-Lactic Acid: production, applications, nanocomposites, and release studies. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 9: 552-71
- [12] Davis G, Song JH (2006). Biodegradable packaging based on raw materials from crops and their impact on waste management. *Industrial crops and products*, 23(2), 147-161.

- [13]Ren H, Liu Z, Zhai H, Cao Y, Omori S (2014). Effects of lignophenols on mechanical performance of biocomposites based on polyhydroxybutyrate (PHB) and polypropylene (PP) reinforced with pulp fibers. *BioResources*, 10(1), 432-447.
- [14]Singh S, Mohanty AK (2007) Wood fiber reinforced bacterial bioplastic composites: fabrication and performance evaluation. *Compos Sci Technol* 67:1753–1763.
- [15] Mohan, S. et al. (2016) ‘Biopolymers – Application in Nanoscience and Nanotechnology’, in *Recent Advances in Biopolymers*. InTech. doi: 10.5772/62225.
- [16] Bartczak Z, Galeski A, Kowalczyk M, Sobota M, Malinowski R (2013). Tough blends of poly (lactide) and amorphous poly ((R, S)-3-hydroxy butyrate)–morphology and properties. *European Polymer Journal*, 49(11), 3630-3641.
- [17] Zhang M, Thomas NL (2011). Blending polylactic acid with polyhydroxybutyrate: the effect on thermal, mechanical, and biodegradation properties. *Advances in Polymer Technology*, 30(2), 67-79.
- [18]Khanna S, Srivastava AK (2005). Recent advances in microbial polyhydroxyalkanoates. *Process Biochemistry*, 40(2), 607-619.
- [19] Sabancı, Ş., Allahverdiev, S., Çabuk, A., & Gündüz, G. (2017). Mikrokristalin selüloz ve odun unu ilaveli Polihidroksibütirat (PHB) kompozitlerinin solvent yöntemiyle hazırlanması ve karakterizasyonu. *Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, 19(1), 123-131.
- [20] Kumar, Majeti NV Ravi. 2000. A review of chitin and chitosan applications. *Reactive and functional polymers*, 46: 1-27

## Synthesis of Propargyl-Functional Monomers for Thiol-Yne Clickable Crosslinked Hydrophilic Polymers

**Dr. Tugce Nihal Gevrek**

Gebze Technical University

tcivan @gtu.edu.tr - 0000-0002-2297-5891

### ABSTRACT

Click chemistry reactions are widely used for post-polymerization modification due to their efficiency under mild conditions, high yields, functional group diversity, and short reaction times. [1] While traditional copper-catalyzed click chemistry is ideal for many applications, the cytotoxicity of copper catalysts limits their usability in bio-applications. [2] Additionally, metal catalysts introduce impurities, necessitating post-reaction purification. As a result, copper-free click chemistry reactions have gained significant attention for bioapplications. [3] Among these, photochemically induced thiol-ene and thiol-yne functionalization enables spatial control via selective UV irradiation. [4, 5] In this study, we report the facile synthesis of a propargyl-functional monomer via isocyanate-amine chemistry in less than 4 hours. This rapid reaction was monitored using FTIR analysis, and the product was characterized by H-NMR, C-NMR, and mass spectrometry. The monomer was then used to produce crosslinked polymers through photopolymerization with a hydrophilic comonomer and crosslinker. After characterization via FTIR and SEM analyses, we demonstrated that these materials can be functionalized with various thiol-bearing small molecules under UV irradiation. All these steps—monomer synthesis, material preparation, and post-modification—take place within short reaction times. This approach offers potential for the immobilization of thiol-containing biomolecules in various biomedical applications.

**Keywords :** click chemistry, photopolymerization, post-polymerization modification, thiol-yne

### References:

1. Geng, Z. Shi, J. J., Xi, Y., Hawker, C. J. J. *Polym. Sci.* 2021, 59, 963–1042.
2. Gierlich, J., Burley, G. A., Gramlich, P. M. E., Hammond, D. M., Carell, T. *Org. Lett.* 2006, 8, 3639–3642.
3. Kim, E., Koo, H. *Chem. Sci.*, 2019, 10, 7835-7851
4. Resetco, C., Hendriks, B., Badi, B., Du Prez, F. *Mater. Horiz.*, 2017,4, 1041-1053
5. Daglar, O., Luleburgaz, S., Baysak, E., Gunay, U. S., Hizal, G., Tunca, U., Hakan Durmaz, H. *Eur. Polym. J.*, 2020, 137, 109926

## A STUDY OF GAMMA-RAY MASS ATTENUATION COEFFICIENTS OF PVC-BASED POLYMER BLENDS IN XCOM AND GAMOS SIMULATION

Res. Asst. UMUTCAN ŞAHİN

Izmir University of Economics, [umutcan.sahin@ieu.edu.tr](mailto:umutcan.sahin@ieu.edu.tr) - 0009-0009-3031-8160

Assoc. Prof. Dr. BUKET CANBAZ ÖZTÜRK

Ege University, [buket.canbaz.ozturk@ege.edu.tr](mailto:buket.canbaz.ozturk@ege.edu.tr) - 0000-0001-5761-5901

### ABSTRACT

The aim of this study is to examine the gamma attenuation coefficients of selected PVC-based polymer blends by comparing the radiation interaction parameters obtained using the XCOM calculation database and the GAMOS simulation package. The PVC-based polymer blends were established by blending various percentages of styrene-butadiene rubber (SBR), polystyrene (PS), and polymethyl methacrylate (PMMA) with the goal of identifying the polymer blend with the highest gamma attenuation coefficient. Based on the determined compositions, theoretical photon–matter interaction cross sections were calculated using the XCOM program in the energy range of 0.01–5 MeV, considering the energy ranges necessary for the photoelectric effect, Compton scattering, and pair production, as well as higher energy amounts. The same blends were modelled in the GAMOS simulation environment to simulate dynamic interactions over the same energy range. The obtained data were compared in terms of percentage differences, and the effects of simulation parameters and model assumptions on the gamma attenuation coefficients of the respective blends were examined. The calculations revealed a high degree of consistency between the results obtained from the XCOM and GAMOS methods. The attenuation coefficient values from the GAMOS simulation differed by  $\pm 3\%$  from those obtained by the XCOM calculations. These differences are believed to stem from variations in energy binning methods, modelling assumptions, and simulation parameters. The mass attenuation coefficient results obtained for approximately 90% PVC-based blends at 662 keV in GAMOS were as follows: 0.07974 cm<sup>2</sup>/g for 10% PS, 0.07946 cm<sup>2</sup>/g for 10% SBR, 0.07989 cm<sup>2</sup>/g for 10% PMMA, and 0.07988 cm<sup>2</sup>/g for a blend of 5% PS + 5% PMMA. The findings indicate that the results obtained using the XCOM and GAMOS methods are consistent, demonstrating the compatibility of these methods in evaluating the radiation interactions of PVC-based polymer blends.

**Keywords :** Gamma Radiation Mass Attenuation Coefficient, Polymer Blends, GAMOS, XCOM



## PVC BAZLI POLİMER BLENDLERİN GAMA İŞİNİ KÜTLE ATENÜASYON KATSAYILARININ XCOM VE GAMOS SİMÜLASYONUNDA İNCELENMESİ

Arş. Gör. UMUTCAN ŞAHİN

İzmir Ekonomi Üniversitesi, [umutcan.sahin@ieu.edu.tr](mailto:umutcan.sahin@ieu.edu.tr) - 0009-0009-3031-8160

Doç. Dr. BUKET CANBAZ ÖZTÜRK

Ege Üniversitesi, [buket.canbaz.ozturk@ege.edu.tr](mailto:buket.canbaz.ozturk@ege.edu.tr) - 0000-0001-5761-5901

### ÖZET

Bu çalışmanın amacı, seçilen PVC bazlı polimer blendlerin gama atenüasyon katsayılarını XCOM hesaplama veri tabanı ve GAMOS simülasyon paketi kullanılarak elde edilen radyasyon etkileşim parametrelerinin sonuçlarının karşılaştırılmasını yaparak incelemektir. PVC bazlı polimer blendler çeşitli yüzdelerle Stiren-bütadien kauçuk (SBR), Polistiren (PS) ve Polimetil Metakrilat (PMMA) karıştırılarak en yüksek gama atenüasyon katsayısına sahip polimer blendin tespiti amaçlanmıştır. Belirlenen bileşimlere göre, XCOM programı kullanılarak fotoelektrik etki, compton saçılması ve çift üretimi için gerekli enerji aralığı ve daha yüksek enerji miktarları baz alınarak 0.01–5 MeV enerji aralığında teorik foton–madde etkileşim kesitleri hesaplanmıştır. Aynı blendler, GAMOS simülasyon ortamında modellenerek aynı enerji aralığında dinamik etkileşimler simüle edilmiştir. Elde edilen veriler, yüzde (%) farkları karşılaştırılmış ve simülasyon parametreleri ile model varsayımlarının etkileri ve ilgili blendlerin gama kütle atenüasyon katsayıları incelenmiştir. Hesaplamalar sonucunda, XCOM ve GAMOS yöntemlerinin sonuçları arasında yüksek oranda uyum gözlemlenmiştir. GAMOS simülasyonunun atenüasyon katsayısı değerleri, XCOM hesaplamalarından  $\pm\%3$  oranında farklılık göstermiştir. Bu farklar, enerji paketleme yöntemleri, modelleme varsayımları ve simülasyon parametrelerindeki farklılıklardan kaynaklandığı düşünülmektedir. Ağırlıkça %90 PVC bazlı blendlerin GAMOS'ta 662 keV için elde edilen kütle atenüasyon katsayısı sonuçları şu şekildedir: %10 PS ile  $0.07974 \text{ cm}^2/\text{g}$ , %10 SBR ile  $0.07946 \text{ cm}^2/\text{g}$ , %10 PMMA ile  $0.07989 \text{ cm}^2/\text{g}$ , %5PS+%5PMMA ile  $0.07988 \text{ cm}^2/\text{g}$ . Elde edilen bulgular, XCOM ve GAMOS yöntemleriyle elde edilen sonuçların tutarlı olduğunu, PVC bazlı polimer blendlerinin radyasyon etkileşimlerinin değerlendirilmesinde yöntemlerin uyumlu olduğunu göstermektedir.

**Anahtar Kelimeler** : Gama Radyasyonu Kütle Atenüasyon Katsayısı, Polimer Blendler, GAMOS, XCOM

## DIKEY BAHÇE TASARIMI ÜZERİNE NİCEL BİR İNCELEME

**Prof. Dr., Tuğba KİPER**

Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi, tkiper@nku.edu.tr, 0000-0003-3396-5661

**Gizem Senanur GÖZLER,**

gsgozler@gmail.com, 0000-0002-3019-6580

### ÖZET

Dikey bahçeler, kentsel yoğunluğun artış hızına bağlı olarak, yapay yüzeylerin oransal artışıyla birlikte, inşa edilmiş çevreye yeşili yeniden entegre etmek için etkili bir araç olarak kullanılmışlardır. Bu anlamda dikey bahçeler, sürdürülebilir bir çevre yaratmada önemli bir bileşen olarak; ekolojik, estetik ve sosyal yönlü katkı oluştururlar. Bu faydalarla birlikte, özellikle son yıllarda dikey bahçe konulu araştırmalar; disiplinler arası anlamda önem kazanmış ve akademik literatürde farklı açılardan ele alınmıştır. Buradan yola çıkılarak bu çalışma; akademik literatürde dikey bahçe tasarımı konulu çalışmaların niceliksel olarak değerlendirilmesi esasına dayandırılmıştır. İlgili konu temelinde 1998-2024 yılları arasında Web of Science özelinde yayımlanmış 316 adet çalışmanın; yıl bazlı sayısal gelişim durumu, doküman tipi, yayımlandığı dil türü, etkin kurum-yazar-ülke-yayımcı kuruluş dağılımları, indeks tipi ile sürdürülebilir kalkınma göstergelerine uyum durumlarına ilişkin oransal miktarları incelenmiştir. Bununla birlikte ilgili konu özelinde en çok atıf alan yayın, yazar ve dergilere ilişkin de genel bir değerlendirme yapılmıştır. Ana amaç; dikey bahçe tasarımı konulu çalışmalara ilişkin mevcut profilin saptanarak, gelecek çalışmalara yön vermektir. İlgili analizler çizelge ve grafiklerle desteklenmiştir. Elde edilen sonuçlar, ilgili konuda çalışacak araştırmacılar için mevcut eğilimlerin belirlendiği niceliksel bir çerçeve sunacak olması açısından önemli olacaktır.

**Anahtar Kelimeler:** Dikey bahçe, dikey bahçe tasarımı, Web of Science, sistematik inceleme

### 1. GİRİŞ

Dikey bahçeler, binaların dış ve iç duvarları gibi dikey yüzeylerde bitkilerin sistematik bir şekilde ve düzenli bir şekilde yetiştirildiği bir sistem olarak tanımlanmaktadır (Wong vd., 2010a). Özellikle de 21. yüzyılda, kentleşmenin etkisi ile, yeşil alanların azalışına karşın, sert zeminlerin artışı paralelinde, kentsel ortamlara yeşillik entegre etmek için geliştirilmişlerdir. Diğer taraftan, dikey bahçe yaklaşımına temel oluşturan ve bitkileri insan yapımı mekanlarla bütünleştiren ilk örneklerden biri “Babil’in Asma Bahçeleri” olup, ilk patentli dikey yeşillik sistemi 1938’de oluşturulurken, 1988’de de Fransız botanikçi Patrick Blanc tarafından geliştirilmiştir (Bustami vd., 2018). Özellikle de yüksek nüfus yoğunluğa sahip kentsel alanlarda, arazi miktarı sınırlıdır. Bu anlamda dikey bahçeler sürdürülebilir bir çevre yaratmak için önemli bir bileşen olarak giderek daha popüler hale gelip (Dominici vd., 2022; Pawar,

vd., 2024; Pan vd., 2025), su yönetimi, soğutma, biyoçeşitliliğin korunması, konfor ve sağlık etkisi ve görsel çekicilik gibi kentsel alanlar için önemli faydalar sunmaktadır (Pawar, vd., 2024; Prodanovic, 2025). Öyleki, Comino vd. (2021)'nin çalışmasında da dikey bahçelerin, binalar ve bitki örtüsü arasındaki ilişkiyi yeniden tanımlama olanağı sunarak, doğal süreçleri ve toplumsal uyumu yeniden canlandırmayı amaçlayan biyofilik bir şehir konseptini teşvik ettiğine vurgu yapılmıştır. Birçok çalışmada da dikey bahçelerin manzara etkilerini ve kentsel çevreyi iyileştirdiği (Bustami vd., 2018), küresel ısınmanın etkisinin azaltılmasında etkili olduğu (Charoenkit ve Yiemwattana, 2016), hava kalitesini iyileştirdiği (Pearlmutter vd., 2020) ve kent sakinlerinin ruhsal refahına katkıda bulunduğu (Yeom vd., 2021) vurgulanmıştır. Prodanovic (2025) ise çalışmasında; son on yılda yapılan çalışmalarda, dikey bir yeşillendirme sistemi olarak yeşil duvarların; besin maddelerinin (azot ve fosfor), karbon ve organik maddelerin, patojenlerin, tuzların ve fiziksel kirleticilerin ve organik mikro kirleticilerin giderilmesinde etkili olduğu belirtilmiştir. Bu durumun desteklediği Wang vd. (2022)'nin çalışmalarında da; 2012-2022 yılları arasındaki WoS veri tabanı özelinde dikey yeşillendirme bilgi tabanında anahtar kelimelerin sıklıkla "Kentsel ısı adası", "Termal performans", "Enerji performansı", "İklim değişikliği" ile eşleştiği belirtilmiştir. Bununla birlikte dikey yeşillendirme sistemlerine ilişkin mevcut çalışmaların soğutma, aktif sistem ve iç mekan üzerine yoğunlaştığı vurgulanmıştır. Diğer taraftan bazı çalışmalarda da; dikey bahçelerin kullanımı, bakımı ve dayanıklılığı hakkında bazı önemli soru işaretleri bulunduğu belirtilmiştir (Ogut vd., 2022).

Manouchehri vd., (2024)'nin çalışmasında, dikey yeşillik sistemlerinin sürdürülebilir tasarımı için kapsamlı bir çerçeve sunulmuştur. İlgili çalışmada, dikey bahçe tipolojilerine kapsamlı bir genel bakış sağlayan ve bunları sistematik olarak sınıflandıran çalışmaların nadir olduğu vurgulanmıştır. Bununla birlikte, Akram vd. (2023)'ün çalışmalarında dikey bahçe sistemleri üzerine yapılan araştırmaların son yıllarda önem kazandığı, çoğunlukla da ilgili literatürün dış mekan dikey yeşillliği ve fiziksel çevreyi nasıl etkilediğinin araştırıldığı belirtilmiştir (Shao vd., 2023). Ahsan vd. (2022)'nin, 2000- 2021 yılları arasında WoS veri tabanında yayımlanan dikey bahçe sistemleri üzerine yapılan araştırmaları inceledikleri çalışmalarında da; güncel konuların dikey bahçelerin akustik, sağlık, verimlilik ve insanların genel refahı üzerindeki etkileri üzerine yoğunlaştığı ve bununla birlikte "termal performans, enerji tasarrufu, bitki örtüsü" terimlerinin öne çıktığı belirtilmiştir. Bu durum, dikey bahçe konulu araştırmaların; disiplinler arası anlamda önem kazandığını ve akademik literatürde farklı açılardan ele alındığını desteklemekte olup, dikey bahçe tasarımı konusunun literatürde sınırlı düzeyde ele alındığını göstermektedir. Buradan yola çıkılarak bu çalışma; akademik literatürde dikey bahçe tasarımı konulu çalışmaların niceliksel olarak değerlendirilmesi esasına dayandırılmıştır. Bu çerçevede, ilgili konu temelinde; 1998-2024 yılları arasında Web of Science özelinde yayımlanmış 316 adet çalışmanın; yıl bazlı sayısal gelişim durumu, doküman tipi, yayımlandığı dil türü, etkin kurum-yazar-ülke-yayımcı kuruluş dağılımları, indeks tipi ile sürdürülebilir kalkınma göstergelerine uyum durumlarına ilişkin miktarları incelenmiştir.

## 2. VERİ SETİ VE GÖSTERGE SEÇİMİ

Çalışma ana veri setini; 1998-2024 yılları arasında Web of Science özelinde yayımlanmış "dikey bahçe tasarımı (vertical garden design)" konusu temelinde hazırlanmış 316 adet çalışma

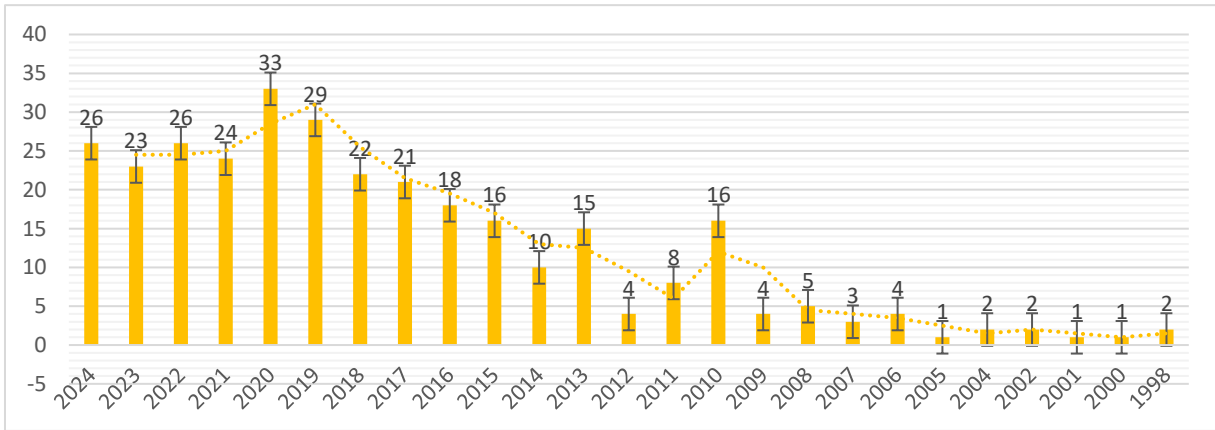
oluşturmuştur. Web of Science (WOS) seçiminde, bilimsel ve teknik bilginin analizi için en kapsamlı veri tabanı olarak kabul edildiği ve dünya çapında veri toplama konusunda literatür dizinleme aracı olarak kategorize edilmesi etkili olmuştur (Liu vd., 2015). İlgili konu temelinde hazırlanmış 316 adet çalışma; yıl, doküman tipi, dil türü, etkin kurum-yazar-ülke-yayımcı kuruluş, indeks tipi, yüksek atıf alan yazar-dergi dağılımı ile sürdürülebilir kalkınma göstergelerine uyum durumuna ilişkin miktarlar incelenmiştir.

### 3. BULGULAR

#### 3.1. İlgili Konunun Yıl Bazlı Sayısal Gelişim Durumu ve Doküman Tipi Dağılımı

Dikey bahçe tasarımı konusu temelinde Web of Science özelinde yayımlanmış toplam 316 adet çalışma gerçekleştirilmiştir. İlk yayın 1998 yılında yayımlanmış olup, yıllar içerisinde artış göstermiştir. 2012'ten sonra ilgili alanda yapılan çalışmaların büyüme hızı artarken, en önemli gelişmelerin %83,23'lük bir oranla 2013-2024 yılları arasındaki dönemde olduğu saptanmıştır. İlgili konudaki çalışmaların en yoğun olduğu dönem %10.19'lük bir oran ile 2020 yılı olduğu görülmüştür (Görsel 1).

İlgili yayınlar, doküman tipleri açısından incelendiğinde ise, en önemli dağılım 224 adet çalışmayı içeren %69,14'lük bir oranı oluşturan makaleler ile 87 adet çalışmayı içeren %26,85'lik bir oranı oluşturan konferans bildirimleri üzerinde yoğunlaşmıştır. İlgili yayınların çok büyük bir bölümünün de 309 adet yayın ile İngilizce olarak yayımlandığı görülmüştür. Bunun yanı sıra, 7 adet çalışmanın da İspanyolca olarak hazırlandığı saptanmıştır.

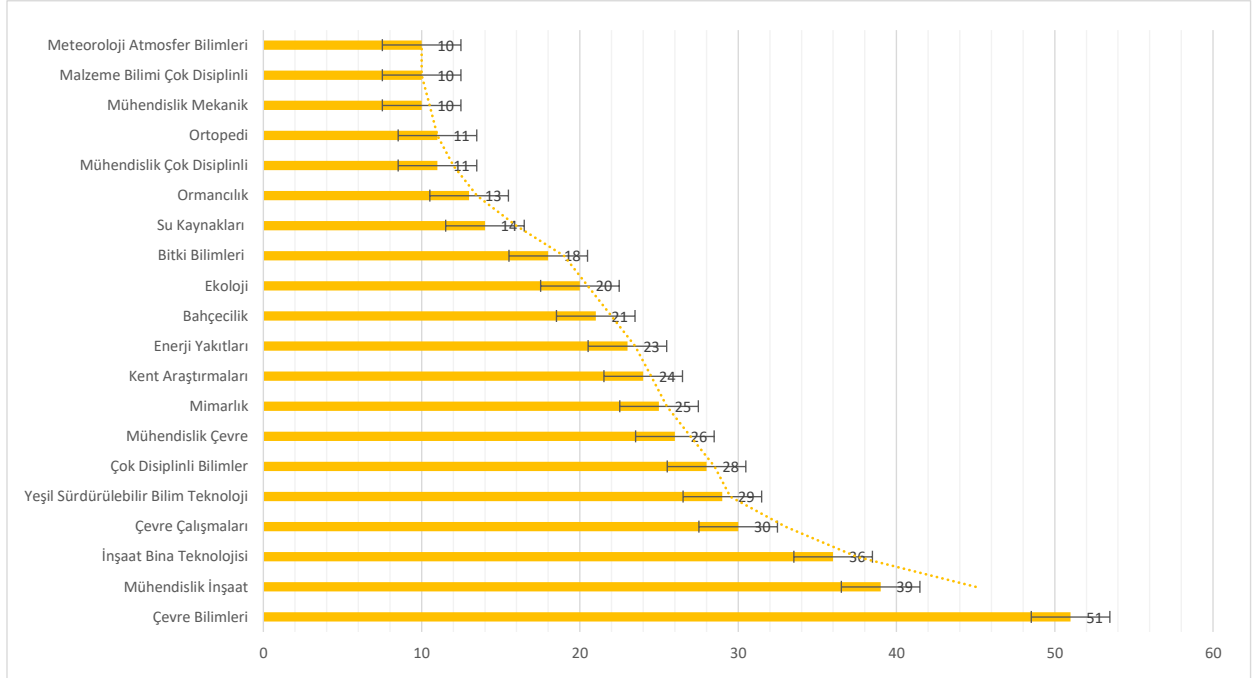


Görsel 1. İlgili konunun yıl bazlı sayısal gelişim durumu

#### 3.2. İlgili Konunun Temel Bilim Alanlarına Göre Dağılımı (En etkin 20 bilim alanı)

Dikey bahçe tasarımı konusu temelinde yapılan çalışmaların yayımlandığı en etkin temel bilim alanları, genel olarak doğa-mühendislik ve tasarım disiplinleri etrafında çeşitlilik göstermiştir. Temel bilim alanı dağılımında ilk sırada %15,74'lük oranı oluşturan çevre bilimleri alanında

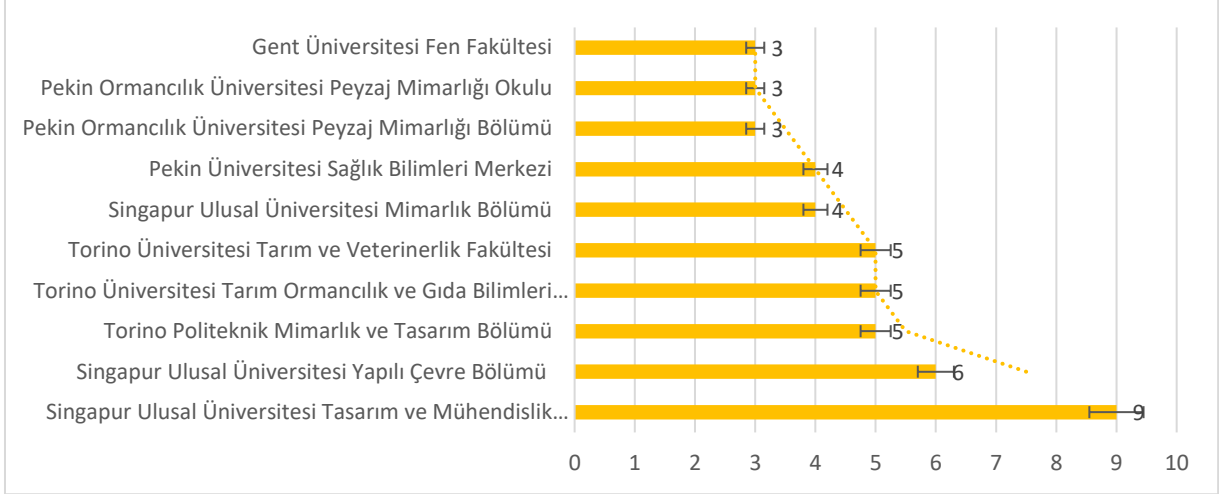
yayımlanan 51 adet çalışma yer almıştır. Devamında mühendislik inşaat alanındaki çalışmalar (39 adet) ile inşaat bina teknolojisi alanında hazırlanmış çalışmalar (36 adet) yer almıştır (Görsel 2).



**Görsel 2. İlgili konu özelinde en etkin 20 bilim alanı**

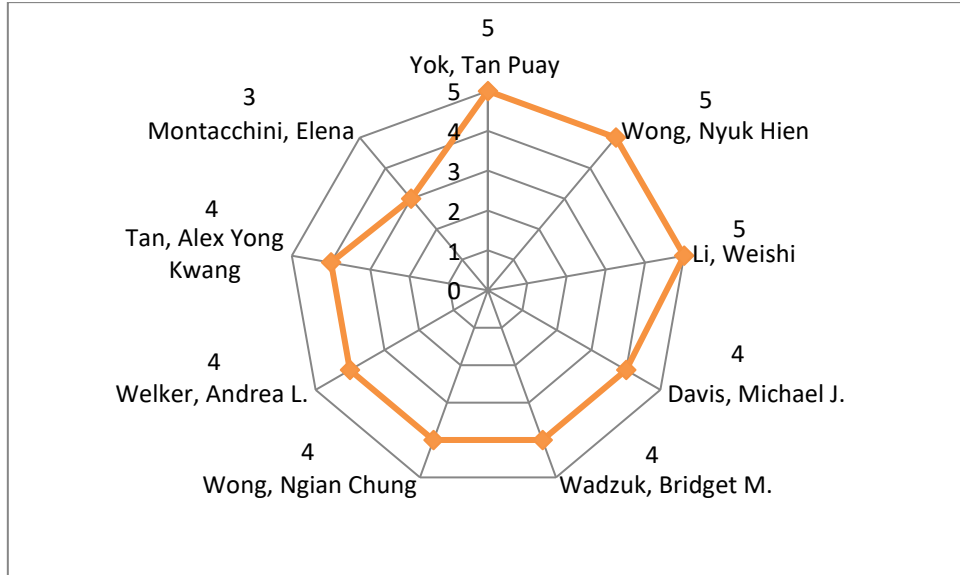
### 3.3. İlgili Konudaki En Etkin Kurum-Yazar-Ülke-Yayımcı Kuruluş Dağılımları

İlgili konudaki yapılan çalışmalara ilişkin olarak, en etkin kurum dağılım oranları dikkate alındığında en fazla çalışmanın mimarlık ve tasarım odaklı okullarda yapıldığı görülmüştür. Bu anlamda en etkin kurumlar 9 adet çalışmanın yapıldığı Singapur Ulusal Üniversitesi Tasarım ve Mühendislik Bölümü ile 6 adet çalışmanın hazırlandığı Singapur Ulusal Üniversitesi Yapılı Çevre Bölümü olmuştur (Görsel 3).



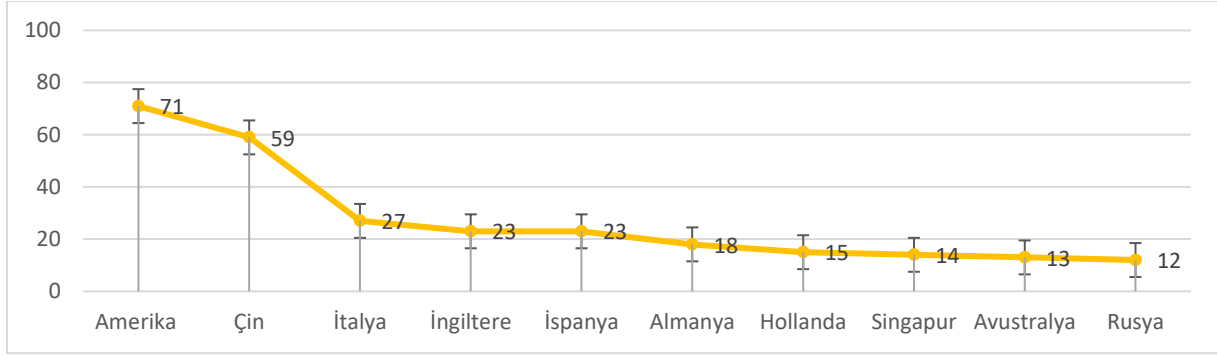
**Görsel 3. İlgili konudaki en etkin 10 kurum dağılımı**

İlgili konudaki yapılan çalışmaları hazırlayan en etkili yazarlar ise beşer adet çalışma yapan “Yok, Tan Puay; Wong, Nyuk Hien; Li, Weishi” olmuştur.



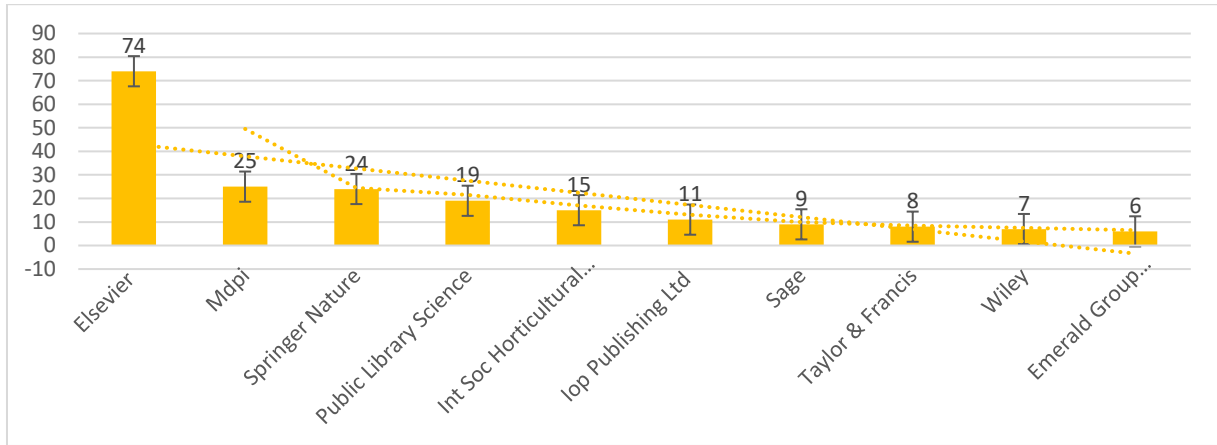
**Görsel 4. İlgili konudaki yapılan çalışmaları hazırlayan en etkili yazar ve yayın sayısı dağılımı**

İlgili konuda aktif olarak yer alan en üretken 10 ülke, yayın sayılarına göre Görsel 5’de verilmiştir. Çalışmaların hazırlandığı en etkin ülke dağılımında ilk sırada önemli bir yayın adeti ile Amerika ve Çin olmuştur. Her iki ülkede yapılan yayın sayısı neredeyse diğer sekiz ülkenin yayın sayısına eşit olduğu görülmüştür (Görsel 5).



**Görsel 5. İlgili konuda aktif olarak yer alan en üretken 10 ülke dağılımı**

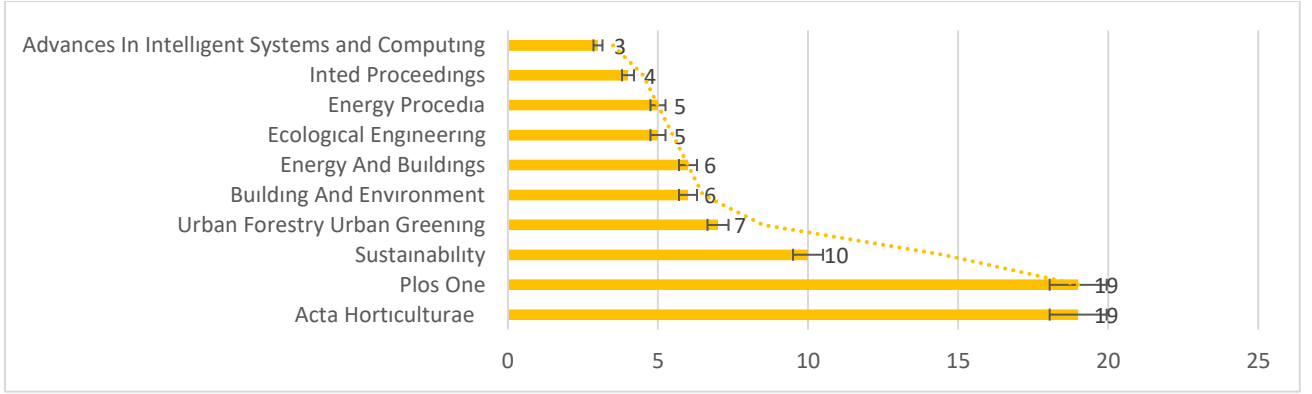
İlgili konudaki en etkin on yayımcı kuruluş dağılımında ilk sırada 74 adet çalışma ile Elsevier olmuştur (Görsel 6).



**Görsel 6. İlgili konudaki en etkin 10 yayımcı kuruluş dağılımı**

### 3.4. İlgili Konuda Aktif Olarak Yer Alan En Etkili Dergi ve Yayın Sayıları Dağılımı

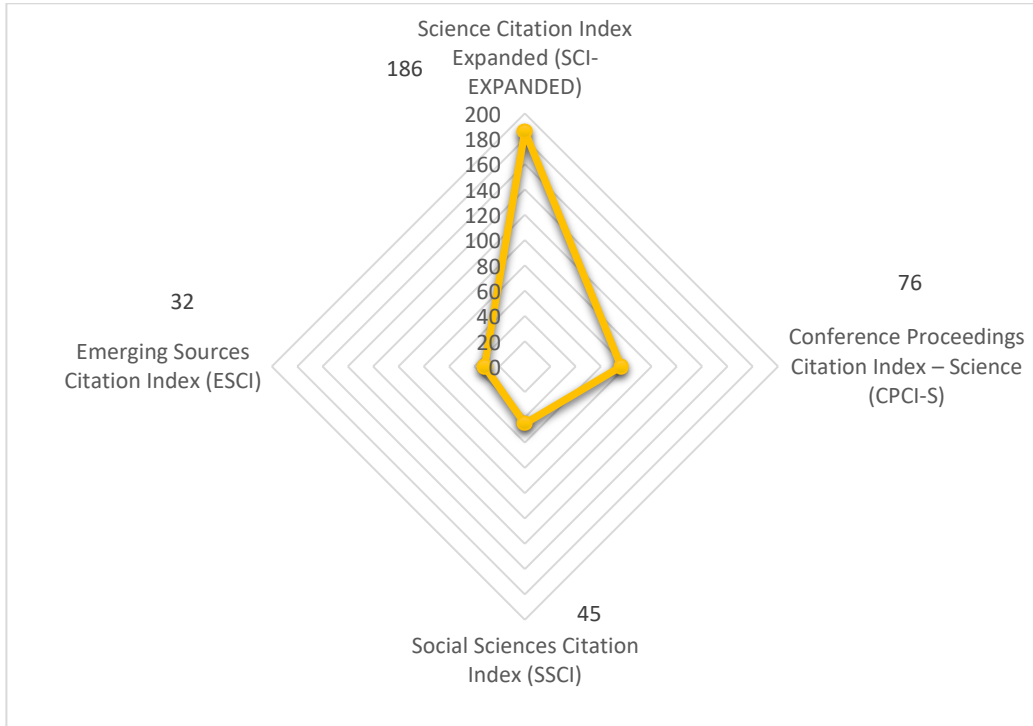
İlgili konuda aktif olarak yer alan en etkin on dergi incelendiğinde; ilk sırada %5,86'lık oranı oluşturan 19'ar adet yayın ile "Acta Horticulturae" ile "Plos One" dergileri yer almıştır. Devamında 10 adet yayın ile "Sustainability" dergisi öne çıkmıştır (Görsel 7).



**Görsel 7. İlgili konuda aktif olarak yer alan en etkili 10 dergi ve yayın sayıları dağılımı**

### 3.5. İlgili Konu Dahilinde Web Of Science İndeks Tipi Dağılımı ile Sürdürülebilir Kalkınma Hedefleri ile Uyum Durumu

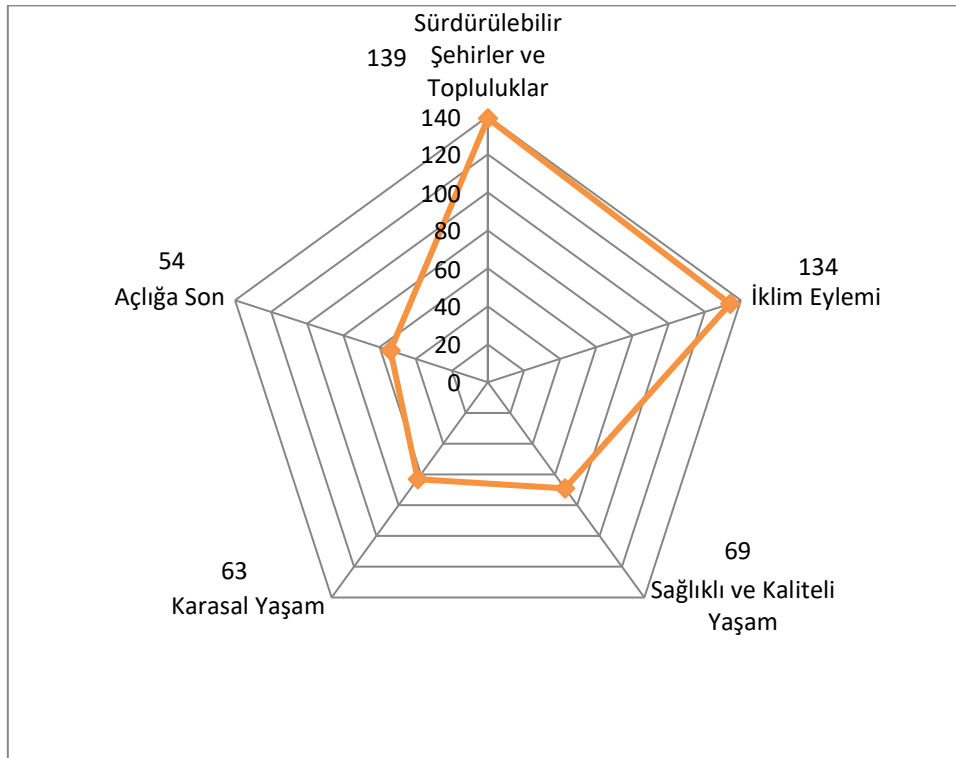
İlgili konu dahilinde Web of Science (Wos) indeks tipi dağılımına yönelik yayın sayıları dikkate alındığında ilk sırada %57,40'lık bir oranla önemli bir bölümü oluşturan 186 adet yayının yer aldığı SCI-Expanded indeksi oluşturmuştur. Bu durum özellikle ilgili konunun indeks değeri yüksek alanlarda yoğun ilgi gördüğünü destekler niteliktedir (Görsel 8).



**Görsel 8. İlgili konu dahilinde Web of Science (Wos) indeks tipi ve yayın sayıları dağılımı**

İlgili konuda hazırlanmış çalışmaların sürdürülebilir kalkınma ilkeleri ile uyumu ilişkilendirildiğinde en yoğun sayıyı 139 adet çalışma ile “sürdürülebilir şehirler ve topluluklar” ve 134 adet çalışma ile “iklim eylemi” olmuştur (Görsel 9).





**Görsel 9. İlgili konunun sürdürülebilir kalkınma hedefleri ile uyum durumu ve yayın sayıları dağılımı**

### 3.6. İlgili Konuya Yönelik Yüksek Atıf Alan Yazar-Dergi Dağılımı (En etkin 14)

Dikey bahçe tasarımı konusunda en fazla atıf alan dergi, yayın ve yazar dağılımları listelenmiştir (Çizelge 1).

**Çizelge 1. İlgili konuya yönelik yüksek atıf alan yazar-dergi ve yayın dağılımı**

Wong, NH; Tan, AYK; (...); Wong, NC, 2010	Thermal evaluation of vertical greenery systems for building walls	Building and Environment	381
Raji, B; Tenpierik, MJ and van den Dobbelsteen, A, 2015	The impact of greening systems on building energy performance: A literature review	Renewable & Sustainable Energy Reviews	240
Wong, NH; Tan, AYK; (...); Wong, NC, 2009	Energy simulation of vertical greenery systems	Energy and Buildings	185
Wong, NH; Tan, AYK; (...); Wong, NC, 2010b	Acoustics evaluation of vertical greenery systems for building walls	Building and Environment	170
Sodoudi, S; Zhang, HW; (...); Li, HD, 2018	The influence of spatial configuration of green areas on microclimate and thermal comfort	Urban Forestry & Urban Greening	170

Hunter, AM; Williams, NSG; (...); Livesley, SJ, 2014	Quantifying the thermal performance of green facades: A critical review	Ecological Engineering	163
Schlafly, EF; Green, GM; (...); Valdes, F, 2018	The DECam Plane Survey: Optical Photometry of Two Billion Objects in the Southern Galactic Plane	Astrophysical Journal Supplement Series	122
Fassman-Beck, E; Voyde, E; (...); Hong, YS, 2013	Living roofs in 3 locations: Does configuration affect runoff mitigation?	Journal of Hydrology	120
Alger, SA; Burnham, PA; (...); Brody, AK, 2019	RNA virus spillover from managed honeybees ( <i>Apis mellifera</i> ) to wild bumblebees ( <i>Bombus</i> spp.)	Plos One	113
Vollrath, F; Downes, M and Krackow, S, 1997	Design variability in web geometry of an orb-weaving spider	Physiology & Behavior	99
Vanreusel, A; De Groote, A; (...); Bright, M, 2010	Ecology and Biogeography of Free- Living Nematodes Associated with Chemosynthetic Environments in the Deep Sea: A Review	Plos One	90
Jim, CY, 2015	Assessing climate-adaptation effect of extensive tropical green roofs in cities	Landscape and Urban Planning	85
De Clerck, FAJ; Negreros-Castillo, P, 2000	Plant species of traditional Mayan homegardens of Mexico as analogs for multistrata agroforests	Agroforestry Systems	80

Atıf sayılarının fazlalığı, listelenen yazarların çalışmalarının dikey bahçe tasarımı araştırmalarına önemli bir katkıda bulunduğu göstergesidir. Çizelge 1'e göre ilk sırada 381 adet atıf ile Wong vd., (2010a) tarafından hazırlanan "Thermal evaluation of vertical greenery systems for building walls" başlıklı makale yer almıştır. Bununla birlikte en çok atıf olarak, ilgili alana en fazla destek veren yazar Singapur Üniversitesi Mimarlık, Tasarım ve Mühendislik Bölümü'nde görev yapan "Wong, Nyuk Hien" olmuştur. Aynı zamanda ilgili yazar dikey bahçe tasarımı alanında en fazla yayın yapan yazarlar arasındadır. Plos One dergisi de en fazla atıfın yer aldığı dergi olurken, en fazla atıfın 2010 yılında yapıldığı saptanmıştır.

#### 4. SONUÇLAR VE DEĞERLENDİRME

Dikey bahçe tasarımı, özellikle kentsel alanlarda, azalan yeşil alan miktarının artırılmasında araç olarak kullanılmış ve olumsuz iklim değişikliklerinin azaltılması, hava kalitesinin iyileştirilmesi, fiziksel kirleticilerin önlenmesi, görsel konforun sağlanması ile kentsel biyoçeşitliliği artırmak için etkili bir seçenek olarak önerilmiştir (Charoenkit ve Yiemwattana, 2016; Bustami vd., 2018; Pearlmutter vd. 2020; Pawar, vd., 2024; Prodanovic, 2025). Bu durum, dikey bahçe konusunun; disiplinler arası anlamda farklı bilim alanlarını içeren çok boyutlu bir temele dayandığını göstermektedir. Bu kapsamda bildiride, "dikey bahçe tasarımı" konusunun akademik literatürdeki mevcut profili belirli parametreler temelinde nicel olarak

değerlendirilmiştir. İlgili değerlendirmelerde; 1998-2024 yılları arasında Web of Science özelinde yayımlanmış 316 adet çalışmanın; yıl bazlı sayısal gelişim durumu, doküman tipi, yayımlandığı dil türü, etkin kurum-yazar-ülke-yayımcı kuruluş dağılımları, indeks tipi ile sürdürülebilir kalkınma göstergelerine uyum durumlarına ilişkin dağılım miktarları incelenmiştir. Mevcut çalışmadan elde edilen bazı önemli bulgular aşağıda maddelenmiştir;

- İlgili konu yıllar içerisinde önemli bir gelişim göstermiş olup, özellikle de son on yılda yayın sayılarında hızlı bir artış görülmüştür.
- İlgili konu özelinde; en üretken yazarlar “Yok, T.P., Wong, N.H., Li, W.” iken, en çok atıf alan yazarlar “Wong, N.H. ile Tan, Y.K.” olmuştur.
- En etkili kurum; Singapur Ulusal Üniversitesi Tasarım ve Mühendislik Bölümü iken, Elsevier en etkin yayımcı kuruluş, Amerika ise aktif olarak alana en fazla katkıda bulunan ülke olarak yer almıştır.
- Dikey bahçe tasarımları konusunda en etkin dergiler, “Acta Horticulturae” ile “Plos One” dergileri iken, ilgili konunun daha çok çevre-doğa ve tasarım-mühendislik bilim alanları arasında yoğunlaştığı gözlemlenmiştir.
- Sürdürülebilir kalkınma hedefleri ile ilişkilendirildiğinde; ilgili konunun en fazla “sürdürülebilir şehirler ve topluluklar” ile “iklim eylemi” etrafında yoğunlaştığı saptanmıştır. Bu durum, özellikle Ogut, vd., 2022 Dominici vd., 2022; Pawar, vd., 2024; Pan vd., 2025’in çalışmalarını desteklemektedir.

Çalışmadan elde edilen sonuçlar, ilgili konunun akademik literatürdeki gelişim durumunu sayısal veriler ve grafiksel ifadelerle ortaya koyarak, kapsamlı bir analiz sunması açısından gelecek çalışmalar açısından rehber niteliği sağlayacaktır.

## KAYNAKÇA

- [1] Ahsan, M.,M., Cheng, W., Hussain, A.B., Chen, X., Waji, B.A. (2022). Knowledge mapping of research progress in vertical greenery systems (VGS) from 2000 to 2021 using CiteSpace based scientometric analysis. *Energy and Buildings*, 256, 111768, <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2021.111768>.
- [2] Akram, M., Hasannuzaman, M., Cuce, E., Cuce, P. (2023). Global technological advancement and challenges of glazed window, facade system and vertical greenery-based energy savings in buildings: A comprehensive review. *Energy Built Environ.* 4, 206–226. <https://doi.org/10.1016/j.enbenv.2021.11.003>
- [3] Alger, S.A., Burnham, P.A., Boncristiani, H.F., Brody, A.K. (2019). RNA virus spillover from managed honeybees (*Apis mellifera*) to wild bumblebees (*Bombus* spp.). *PLoS One* 14(6), e0217822. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0217822>.
- [4] Bustami, R.A., Belusko, M., Ward, J., Beecham, S. (2018). Vertical greenery systems: A systematic review of research trends. *Build. Environ.* 146, 226–237. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2018.09.045>.
- [5] Charoenkit, S., Yiemwattana, S. (2016). Living walls and their contribution to improved thermal comfort and carbon emission reduction: a review. *Build Environ*, 105, 82–94. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2016.05.03>.

- [6] Comino, E., Molari, M., Dominici, L. (2021). City that embraces nature. Designing with vertical greenery, *International Journal of Architecture, Art and Design*, 9, 112–123. <https://doi.org/10.19229/2464-9309/9112021>.
- [7] De Clerck, FAJ., Negreros-Castillo, P. (2000). Plant species of traditional Mayan homegardens of Mexico as analogs for multistrata agroforests. *Agroforestry Systems*, 48 (3), 303-317. <https://doi.org/10.1023/A:1006322612362>.
- [8] Dominici, L., Comino, E., Torpy, F., Irga, P. (2022). Vertical greening systems: a critical comparison of do-it-yourself designs. *Plants*. 11, 3230. <https://doi.org/10.3390/plants11233230>.
- [9] Fassman-Beck, E., Voyde, E., Simcock, R., Hong, YS. (2013). Living roofs in 3 locations: Does configuration affect runoff mitigation? *Journal Of Hydrology*, 490, 11-20. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2013.03.004>
- [10] Hunter AM., Williams, SGN., Rayner, JP., Aye, L., Hes, D., Livesley, SJ. (2014). Quantifying the thermal performance of green facades: A critical review. *Ecological Engineering*, 63, 102-113. <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2013.12.021>
- [11] <https://www.webofscience.com/> (Erişim tarihi: 05.01.2025)
- [12] Jim, CY. (2015). Assessing climate-adaptation effect of extensive tropical green roofs in cities. *Landscape And Urban Planning*, 138, 54-70. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2015.02.014>.
- [13] Liu, Z., Yin, Y., Liu, W. (2015). Visualizing the intellectual structure and evolution of innovation systems research: a bibliometric analysis. *Scientometrics*. 103, 135–158 <https://doi.org/10.1007/s11192-014-1517-y>.
- [14] Manouchehri, M., Santiago López, J., Valiente López, M. (2024). Sustainable design of vertical greenery systems: a comprehensive framework. *Sustainability*, 16, 3249. <https://doi.org/10.3390/su16083249>.
- [15] Ogut, Ö., Tzortzi, NJ., Bertoli, C. (2022). Vertical Green Structures to Establish Sustainable Built Environment: A Systematic Market Review. *Sustainability*, 14 (19), 12349. <https://doi.org/10.3390/su141912349>.
- [16] Pan, L., Luo, S., Hu, W., Lai, P.Y., Wang, H., Liu, M., Chu, L. (2025). Carbon sequestration and CO<sub>2</sub> flux in six plant species in vertical greenery systems. *Urban Ecosystems*, 28, 64, *Urban Ecosystems*. <https://doi.org/10.1007/s11252-024-01620-3>.
- [17] Pawar, A.D., Bhosale, A.B., Bhosale, P.C., Bhalekar, S.G., Ahire, D.B. (2024). Effect of different growing media on performance of Begonia spp. in vertical gardening, *Progressive Research : An International Journal*, 19, 1, 104-107.
- [18] Pearlmutter, D., Dimitra, T., Thomas, N., Pedro, P., Bernhard, P. (2020). Enhancing the circular economy with nature-based solutions in the built urban environment: green building materials, systems and sites. *Blue-Green Syst*, 2, 46–72. <https://doi.org/10.2166/bgs.2019.92>.
- [19] Prodanovic, V., *Green Wall Design Recommendations for Urban Water Reuse*, In: *Emerging Developments in Constructed Wetlands*, 423-445, 2025.
- [20] Raji, B., Tenpierik, MJ., van den Dobbelsteen, A. (2015). The impact of greening systems on building energy performance: A literature review. *Renewable & Sustainable Energy Reviews*, 45, 610-623. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2015.02.011>

- [21] Schlafly, EF., Green, GM., Lang, D., Daylan, T., Finkbeiner, DP., Lee, A., Meisner, AM., Schlegel, D., Valdes, F. (2018). The DECam Plane Survey: Optical Photometry of Two Billion Objects in the Southern Galactic Plane. *Astrophysical Journal Supplement Series*, 234 (39). <https://doi.org/10.3847/1538-4365/aaa3e2>.
- [22] Shao, Y., Li, J., Zhou, Zhang, F., Cui, Y. (2021). The impact of indoor living wall system on air quality: A comparative monitoring test in building corridors. *Sustainability*, 13, 7884. <https://doi.org/10.3390/su13147884>.
- [23] Sodoudi, S., Zhang, H., Chi, X., Müller, F., Li, H. (2018). The influence of spatial configuration of green areas on microclimate and thermal comfort. *Urban Forestry & Urban Greening*, 34, 85-96. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2018.06.002>.
- [24] Vanreusel A, De Groote A, Gollner S, Bright M (2010) Ecology and Biogeography of Free-Living Nematodes Associated with Chemosynthetic Environments in the Deep Sea: A Review. *PLoS One* 5(8): e12449. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.001244>.
- [25] Vollrath, F., Downes, M., Krackow, S. (1997). Design variability in web geometry of an orb-weaving spider. *Physiology & Behavior*, 62 (4) , 735-743. [https://doi.org/10.1016/S0031-9384\(97\)00186-8](https://doi.org/10.1016/S0031-9384(97)00186-8).
- [25] Wang, P., Wong, Y.H., Tan, C.Y., Li, S., Chong, W.T. (2022). Vertical greening systems: technological benefits, progresses and prospects. *Sustainability*, 14, 12997. <https://doi.org/10.3390/su142012997>.
- [26] Wong, NH., Tan, AYK., Chen, Y., Sekar, K., Tan, Y.P., Chan, D., Chiang, K., Chung, N., Wong, NC. (2010a). Thermal evaluation of vertical greenery systems for building walls *Building and Environment*, 45 (3), 663-672. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2009.08.005>.
- [27] Wong, NH., Tan, AYK., Tan, P.Y., Wong, NC. (2009). Energy simulation of vertical greenery systems. *Energy And Buildings*, 41 (12), 1401-1408. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2009.08.010>.
- [28] Wong, NH., Tan, AYK., Tan, PY., Chiang, K., Wong, NC. (2010b). Acoustics evaluation of vertical greenery systems for building walls. *Building and Environment*. 45 (2), 411-420. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2009.06.017>.
- [29] Yeom, S., Kim, H., Hong, T. (2021) Psychological and physiological effects of a green wall on occupants: a cross-over study in virtual reality. *Build Environ*, 204, 108134. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2021.108134>.

## TEKİRDAĞ İLİ VE ERGENE İLÇESİ İKLİM PARAMETRELERİNİN (SICAKLIK, NİSBİ NEM VE YAĞIŞ) KARŞILAŞTIRMALI OLARAK DEĞERLENDİRİLMESİ<sup>1</sup>

**Gizem Senanur GÖZLER,**

gsgozler@gmail.com, 0000-0002-3019-6580

**Prof. Dr., Tuğba KİPER**

Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi, [tkiper@nku.edu.tr](mailto:tkiper@nku.edu.tr), 0000-0003-3396-5661

### ÖZET

İklim parametreleri; doğal ve beşeri birçok faktörün etkisi ile farklılıklar göstermekte ve tarım, su kaynakları, sanayi, yerleşim alanları ve ekosistem üzerinde de önemli etkiler oluşturmaktadır. Bu çalışmada; genel olarak deniz ve kıyının etkisi ile Marmara Bölgesi'nin geçiş iklimi özelliklerini taşıyan Tekirdağ İli ile iç kesimlerde daha karasal bir iklime sahip Ergene İlçesi arasında iklimsel parametrelerin karşılaştırmalı olarak değerlendirilmesi amaçlanmıştır. Bu amaçla; Tekirdağ ve Ergene özelinde iki bölge arasındaki sıcaklık, nispi nem ve yağış parametrelerindeki farklılıkların grafiksel olarak karşılaştırılması olarak değerlendirilmesi hedeflenmiştir. Bu çerçevede; “Tekirdağ İli ve Ergene İlçesi arasında; ortalama yıllık sıcaklık, ortalama maksimum sıcaklık, ortalama minimum sıcaklık, ortalama yıllık nispi nem ile yıllık ortalama yağış miktarı parametreleri açısından belirgin farklılıklar var mıdır?” ve “Her iki bölge özelinde iklim parametrelerindeki değişimler mevsimsel ve yıllık bazda nasıl bir eğilim göstermektedir?” sorularına yanıt aranmıştır. Çalışma yöntem sürecinde, öncelikle her iki bölge özelinde iklimsel eğilimleri etkilemesi muhtemel topografik yapı haritaları oluşturulmuştur. Sonrasında Tekirdağ İl’inde uzun yıllara dayalı (1973-2022) iklim parametreleri temelinde grafikler oluşturulmuş ve 2018-2022 yılları arasındaki süreçte de her iki bölge özelinde karşılaştırmalı olarak grafiksel gösterimlerle çeşitli değerlendirmeler yapılmıştır. Bu çalışmadan elde edilen verilerin grafiksel analizi, ilgili alanlarda yapılacak planlamalar için önemli bilgiler sunarak, altlık veriler sağlayacaktır.

**Anahtar Kelimeler:** İklim, iklim parametreleri, Tekirdağ, Ergene İlçesi

### 1.GİRİŞ

İklim, bir coğrafi bölgedeki atmosferik olayların (sıcaklık, yağış, nem vb.) uzun süreli gözlemlerinin istatistiksel analizi olup, yalnızca ortalama değerleri değil, aynı zamanda bu değerlerin değişkenliğini de kapsar. Örneğin, bir bölgenin ortalama sıcaklığı sabit kalmakla birlikte, sıcaklık dalgalanmalarında farklılıklar gözlemlenebilir (Yalçın vd., 2005; IPCC, 2018; CCKP, 2024). İklim, ekosistemlerin ve insan aktivitelerinin dinamiklerini etkileyen çok değişkenli bir olgudur. Sıcaklık, yağış, bağıl nem ve rüzgar gibi temel iklim parametreleri, atmosferik süreçler ve topografik yapı arasındaki etkileşimler sonucunda ortaya çıkar ve ekolojik ve sosyo-ekonomik sistemler üzerinde önemli etkiler yaratır (LC Fosso ve Uzay

<sup>1</sup> Bu çalışma Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsünde yürütülen yüksek lisans tez çalışmasından yararlanılarak hazırlanmıştır.

Karahalil, 2020; Skendzic vd., 2021). Bu iklim parametreleri ve bunların değişimleri, hidroloji, tarım, ekoloji ve ormancılık gibi çeşitli disiplinler için büyük önem taşır (Dale, 1997; Güler ve Tekin Kara, 2007; Akbaş, 2019). İklim değişikliğinin ekosistemler ve çeşitli çevresel bileşenler üzerindeki etkilerinin anlaşılması, yönetim kararları ve geleceğe yönelik planlama stratejilerinin bilgilendirilmesi açısından büyük önem taşımaktadır (IPCC, 2022). Bu nedenle, günümüzde hidroloji, tarım, ekoloji, orman yönetimi, meteoroloji ve benzeri birçok alanda yapılan çalışmalarda çeşitli iklim parametreleri kullanılmaktadır (Güler ve Kara, 2007; Chapman ve Thornes, 2003). Bu durum, iklim ile birçok sektörün ilişkili olduğunu ve dolayısıyla da iklimsel parametrelerdeki değişimlerin belirlenmesinin gerekli olduğunu destekler niteliktedir. Birçok çalışmada da iklimsel parametreler arasındaki değişimler tespit edilmiştir. Örneğin; Sabancı (2012)'nin çalışmasında, Alanya ve Manavgat'ın iklim özelliklerini belirlemek amacıyla iklim verileri analiz edilmiştir. Atabey ve Toprak (2018)'in çalışmasında da, Bitlis ve Muş illerinin ortalama sıcaklık değerlerinin iklim değişikliğinden etkilenip etkilenmediği incelenmiştir. Saldık (2019)'ın Simav ve Tavşanlı'nın iklim özelliklerini karşılaştırmalı olarak incelediği çalışmasında da, bu iki yerleşim yerinin iklimsel farklılıkları ve benzerlikleri ortaya konulmuştur. Bolat ve Şensoy (2023) da, Sinop ve Kastamonu illerinde 2012-2021 yılları arasındaki bazı meteorolojik verilerin değişim eğilimlerini incelemişlerdir. Tuncer ve Solmaz (2023)'in çalışmalarında da; Sakarya ve Mudurnu ilçelerinin 1964-1995 dönemindeki toplam yağış, maksimum sıcaklık ve minimum sıcaklık verilerindeki değişimler analiz edilmiştir. Bulgurcu ve Koçyiğit (2024)'in çalışmalarında ise, Beyşehir ve Seydişehir'in iklimleri arasındaki farklılıklar ve benzerlikler ortaya konulmuştur. Kaltakkıran (2024)'in çalışmasında da; Ardahan'daki sıcaklık, yağış miktarı, rüzgâr hızı ve güneşlenme süresi gibi çeşitli iklim parametrelerindeki değişimler analiz edilmiştir. Buradan yola çıkılarak, bu çalışmada, genel olarak deniz ve kıyının etkisi ile Marmara Bölgesi'nin geçiş iklimi özelliklerini taşıyan Tekirdağ İli ile iç kesimlerde daha karasal bir iklime sahip Ergene İlçesi arasındaki iklimsel parametrelerin karşılaştırmalı olarak değerlendirilmesi amaçlanmıştır. İlgili amaç kapsamında; “Tekirdağ İli ve Ergene İlçesi arasında; ortalama yıllık sıcaklık, ortalama maksimum sıcaklık, ortalama minimum sıcaklık, ortalama yıllık nispi nem ile yıllık ortalama yağış miktarı parametreleri açısından belirgin farklılıklar var mıdır?” ve “Her iki bölge özelinde iklim parametrelerindeki değişimler mevsimsel ve yıllık bazda nasıl bir eğilim göstermektedir?” sorularına yanıt aranmıştır.

## 2. YÖNTEM

Bu çalışmada, Tekirdağ Meteoroloji İl Müdürlüğü ve Tekirdağ Sürdürülebilir Enerji ve İklim Eylem Planı'ndan (Tekirdağ Büyükşehir Belediyesi, 2023) elde edilen 1973-2022 arası Tekirdağ İli ile 2018-2022 arası Ergene İlçesi'ne ilişkin ortalama yıllık sıcaklık, ortalama maksimum sıcaklık, ortalama minimum sıcaklık, ortalama yıllık nispi nem ile yıllık ortalama yağış miktarı değerleri kullanılmıştır. Çalışma yöntem sürecinde, öncelikle her iki bölge özelinde iklimsel eğilimleri etkilemesi muhtemel topografik yapı haritaları oluşturulmuştur. Sonrasında Tekirdağ İl'inde uzun yıllara dayalı (1973-2022) iklim parametreleri temelinde grafikler oluşturulmuş ve 2018-2022 yılları arasındaki süreçte de her iki bölge özelinde karşılaştırmalı (Ergene İlçesi'nin 2012 yılında ilçe statüsü kazanması nedeniyle, ilçe özelinde

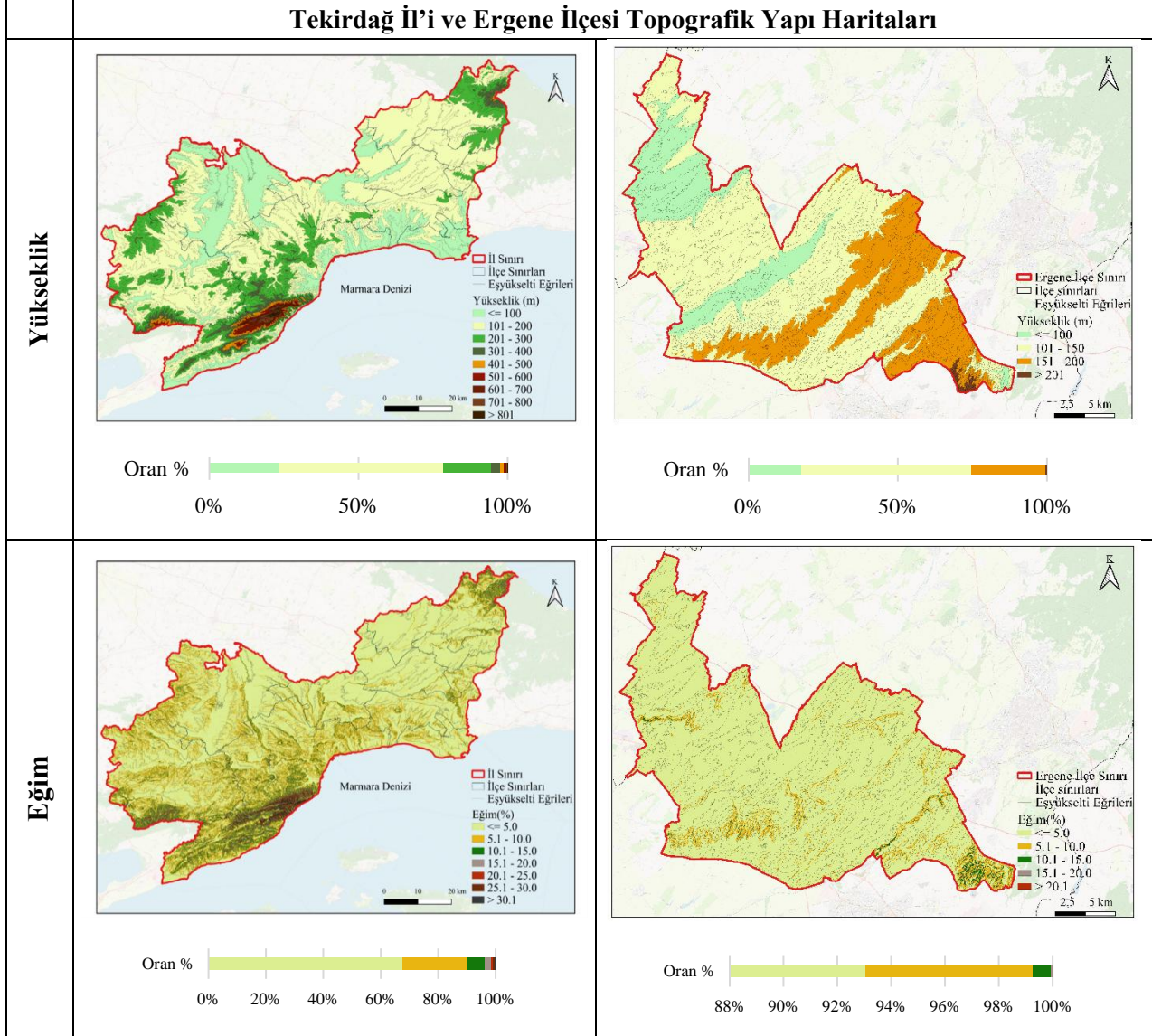
2018 yılına kadar uzanan kapsamlı bir veri seti oluşturulamadığı için bu aralık temel alınmıştır) olarak grafiksel gösterimlerle çeşitli değerlendirmeler yapılmıştır.

### 3. BULGULAR

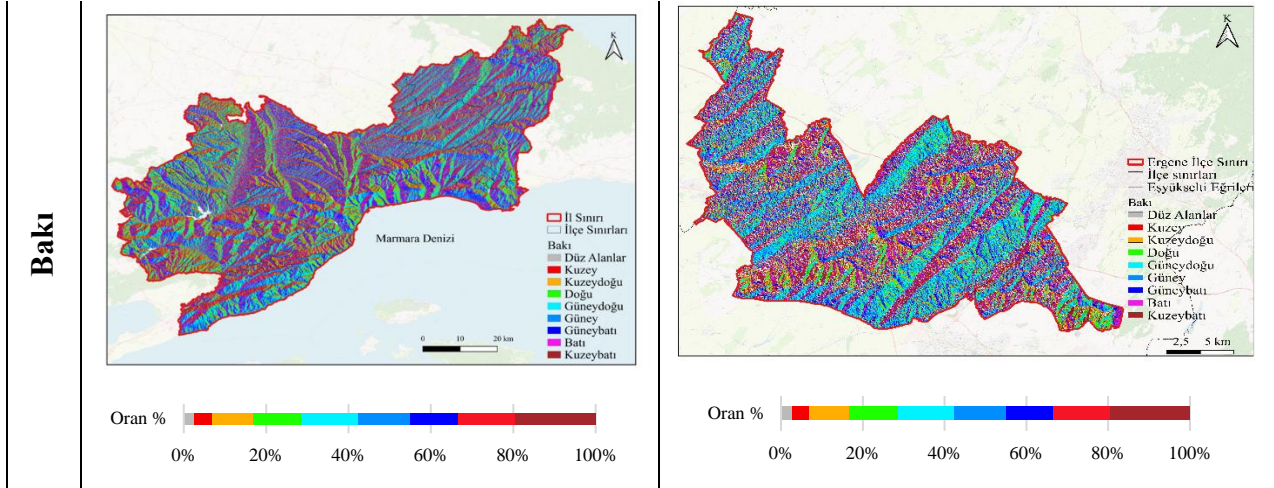
#### 3.1. Topografik Yapı

Topografik yapının incelenmesi kapsamında, Tekirdağ İl'i ve Ergene İlçesi için eğim, bakı ve yükseklik haritaları hazırlanmıştır (Çizelge 1).

Çizelge 1. Tekirdağ İl'i ve Ergene İlçesi topografik yapı





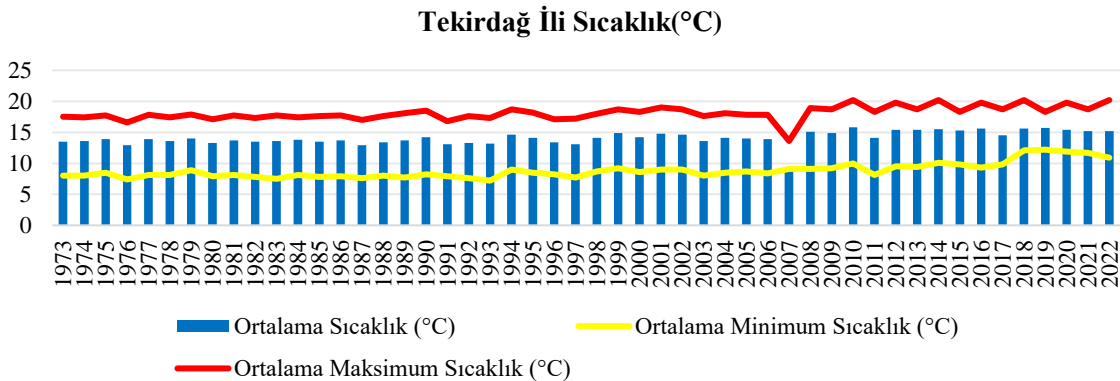


Tekirdağ İl'inin eğim haritasına göre, %5'ten küçük eğim grubu, toplam alanın %67,69'unu kapsamakta olup, bu durum ilin büyük ölçüde düz bir arazi yapısına sahip olduğunu göstermektedir. Yükseklik haritasına göre, en yaygın yükselti aralığı %55,01 ile 101-200 metre arasındadır. Bu oran, Tekirdağ'ın büyük bir bölümünün orta yükseklikteki arazilerden oluştuğunu göstermektedir. İkinci en yaygın yükselti aralığı, %23,27 ile 100 metre ve altıdır. Bu durum kıyı bölgelerinin ve alçak ovaların geniş alan kapladığını göstermektedir. Bakı analizi, güney ve kuzey bakıların dengeli bir dağılımda (%38,03 güney, %33,69 kuzey) olduğunu göstermektedir.

Ergene İlçesi'nin eğim haritasına göre, arazinin %93,06'sı %5'ten düşük eğime sahiptir, bu da ilçenin neredeyse tamamen düz bir yapıya sahip olduğunu göstermektedir. Yükseklik haritasına göre ise en yaygın yükseklik aralığı 101-150 metre olup, toplam alanın %56,93'ünü kapsamaktadır. Bunu, %24,93 oranla 151-200 metre ve %17,65 oranla 100 metre üzerindeki yükseklikler izlemektedir. Bu veriler, ilçenin genel olarak düz olduğunu ancak bazı bölgelerde küçük yükseklik farkları bulunduğunu göstermektedir. Bakı analizine göre, %39,26'lık oran ile güney bakılar ile %36,04'lük oran ile kuzey bakılar yoğunlukta görülmektedir.

### 3.2. Sıcaklık

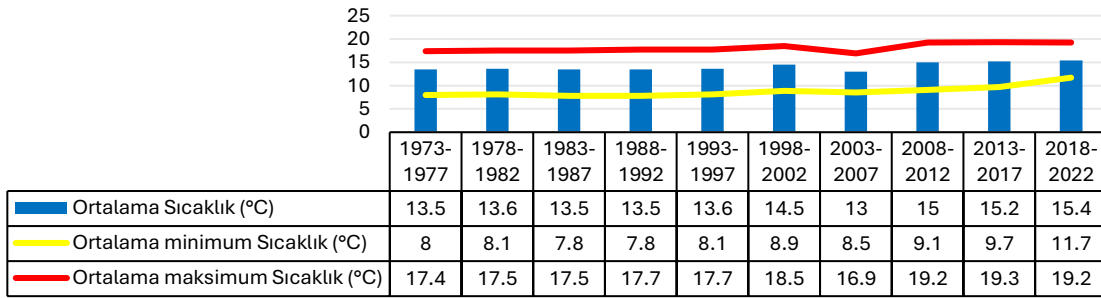
Tekirdağ İl'ine ilişkin 1973-2022 yıllarına ait ortalama yıllık sıcaklık, ortalama maksimum sıcaklık ve ortalama minimum sıcaklık verileri Görsel 1'de belirtilmiştir.



**Görsel 1. Tekirdağ İl'i 1973-2022 yıllarına ait sıcaklık verileri**

Tekirdağ İl'inde 1973-2022 yılları arasında ortalama yıllık sıcaklığın 14,1 °C olduğu görülmektedir. İncelenen dönemde, ortalama sıcaklık yıllar içinde dalgalanmalar gösterse de genel olarak 10-15°C, ortalama minimum sıcaklık 5-10°C, ortalama maksimum sıcaklık ise 15-20°C civarında seyretmiştir. Özellikle ortalama ve maksimum sıcaklıklarda bir artış eğilimi gözlenmekte olup, iklim değişikliğinin etkilerini yerel ölçekte gözlemlemek için bir örnek teşkil etmektedir (Görsel 1). Görsel 2.'de Tekirdağ İl'inin 1973-1977'den 2018-2022'ye kadar 5 yıllık periyotlar halinde sıcaklık değişimleri gösterilmiştir. Ortalama sıcaklık değerleri 13°C ile 15,4°C arasında değişmektedir. Genel olarak artış eğilimi göstermektedir. Ortalama minimum sıcaklık değerleri 7,8°C ile 11,7°C arasında değişmektedir. Burada da genel olarak bir artış eğilimi söz konusudur. Özellikle son dönemde (2018-2022) belirgin bir artış gözlenmektedir. Ortalama maksimum sıcaklık değerleri 16,9°C ile 19,3°C arasında değişmektedir. Ortalama sıcaklığa benzer şekilde genel olarak artış eğilimi göstermektedir. Tekirdağ'da son 50 yılda ortalama, minimum ve maksimum sıcaklık değerlerinde genel olarak bir artış eğilimi gözlenmektedir.

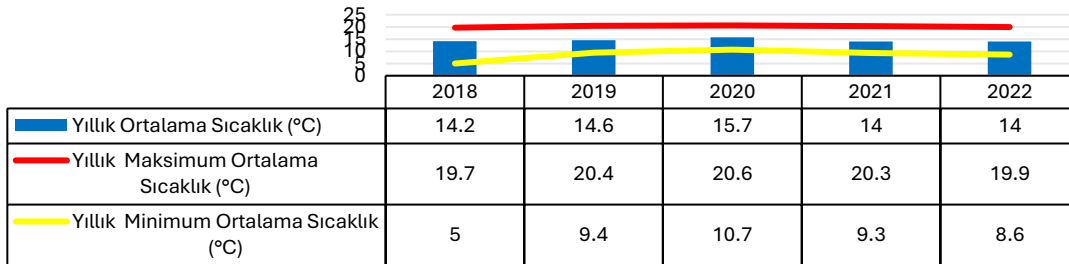
**Tekirdağ 5 Yıllık Periyotlarda Sıcaklık (°C)**



**Görsel 2. Tekirdağ İl'i 1973-2022 yıllarına ait 5 yıllık periyotlarda sıcaklık verileri**

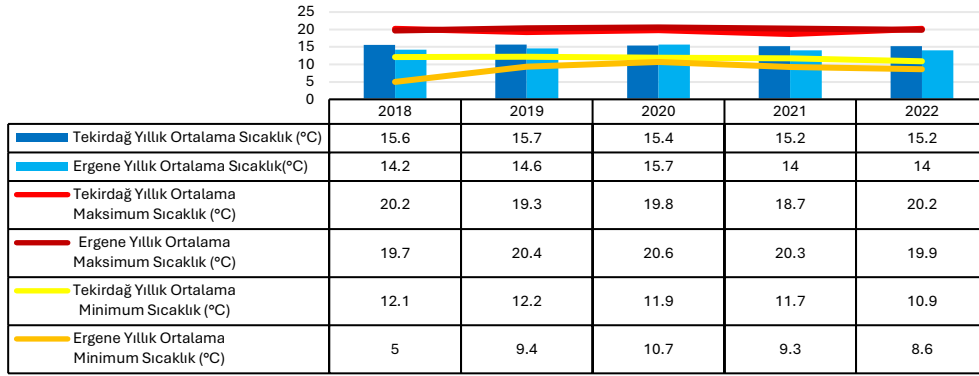
Ergene İlçesi'nde 2018-2022 aralığı incelendiğinde; ortalama yıllık sıcaklık 14,5°C olmuştur. İncelenen dönemde, ortalama sıcaklık yıllar içinde dalgalanmalar gösterse de genel olarak 14-16°C civarında seyretmiştir. Ortalama minimum sıcaklık 5-11°C, ortalama maksimum sıcaklık 19-21°C civarında seyretmiştir. Hem ortalama hem de minimum sıcaklıkların 2020 yılında diğer yıllara göre daha yüksek olduğu görülmüştür (Görsel 3).

**Ergene İlçesi Sıcaklık (°C)**



**Görsel 3. Tekirdağ İl'i Ergene İlçesi 2018-2022 yıllarına ait sıcaklık değerleri**

### Tekirdağ İli ve Ergene İlçesi Sıcaklık (°C)



**Görsel 4. Tekirdağ İl'i ve Ergene İlçesi 2018-2022 yıllarına ait sıcaklık değerlerinin karşılaştırılması**

Görsel 4'e göre, özellikle beş yıllık ortalama sıcaklık değerleri üzerinden yapılan karşılaştırmalar, iki bölge arasındaki sıcaklık rejimindeki farklılıkları ortaya koymaktadır. Bu dönemdeki incelemelere göre; Tekirdağ İl'i, Ergene İlçesi'ne göre ortalama olarak 0,9 °C daha yüksek bir sıcaklığa sahiptir. Bu durum, Tekirdağ İl'inin daha iç kesimlerde yer alan Ergene İlçesi'ne göre daha ılıman bir iklime sahip olduğunu göstermektedir. Maksimum sıcaklık değerleri incelendiğinde, Ergene İlçesi'nin Tekirdağ İl'ine göre ortalama 0,6 °C daha yüksek olduğu görülmektedir. Özellikle 2021 yılında bu fark 1,6 °C'ye kadar çıkmıştır. Minimum sıcaklık değerleri incelendiğinde ise durum tam tersidir. Tekirdağ İl'i, Ergene İlçesi'ne göre ortalama 3,1 °C daha yüksek bir minimum sıcaklığa sahiptir. Bu durum, Tekirdağ İl'inin daha ılıman bir kış geçirdiğini göstermektedir. (Görsel 4).

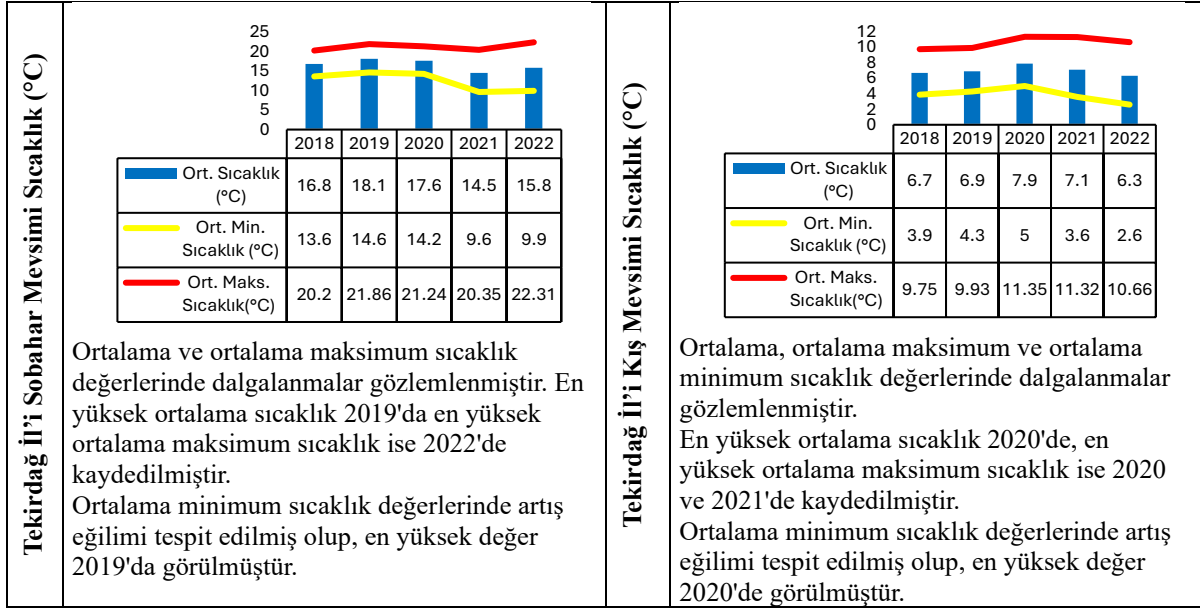
Tekirdağ İl'inin ve Ergene İlçesi'nin 2018-2022 yılları arasındaki beş yıllık döneme ait mevsimlik sıcaklık analizleri, bölgesel iklim dinamiklerinde mevsimsel farklılıklar olduğunu göstermektedir. Tekirdağ ve Ergene'nin mevsimlere göre sıcaklık verileri Çizelge 2. ve Çizelge 3.'te verilmiştir.

**Çizelge 2. Tekirdağ İl'inin mevsimlere göre sıcaklık verileri**

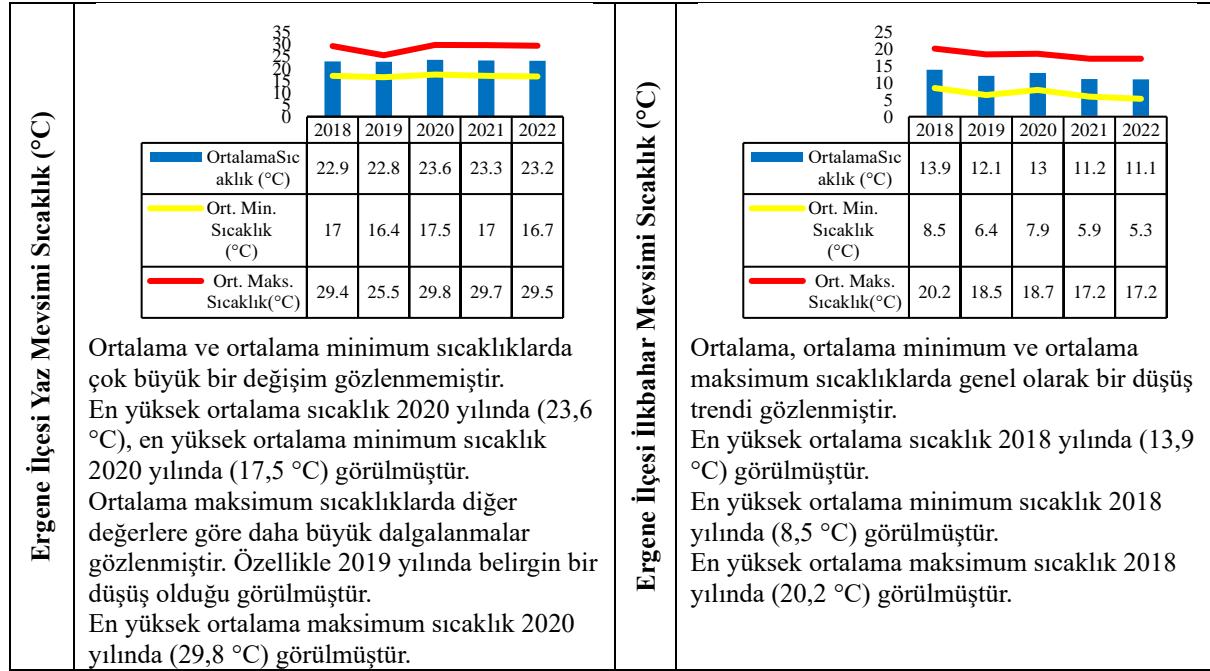
Mevsim	Tekirdağ İl'i					Ergene İlçesi					
	2018	2019	2020	2021	2022	2018	2019	2020	2021	2022	
Yaz	Ort. Sıcaklık (°C)	24.6	24.5	23.8	23.5	23.1	14.4	13	12.4	11.3	11.4
	Ort. Min. Sıcaklık (°C)	20.4	20.4	19.8	16.5	16	10.7	9.5	9	6	5.5
	Ort. Maks. Sıcaklık(°C)	28.58	28.6	27.66	30.84	30.5	18.4	16.48	15.97	17.32	17.77
İlkbahar	Ort. Sıcaklık (°C)	14.4	13	12.4	11.3	11.4	14.4	13	12.4	11.3	11.4
	Ort. Min. Sıcaklık (°C)	10.7	9.5	9	6	5.5	10.7	9.5	9	6	5.5
	Ort. Maks. Sıcaklık(°C)	18.4	16.48	15.97	17.32	17.77	18.4	16.48	15.97	17.32	17.77

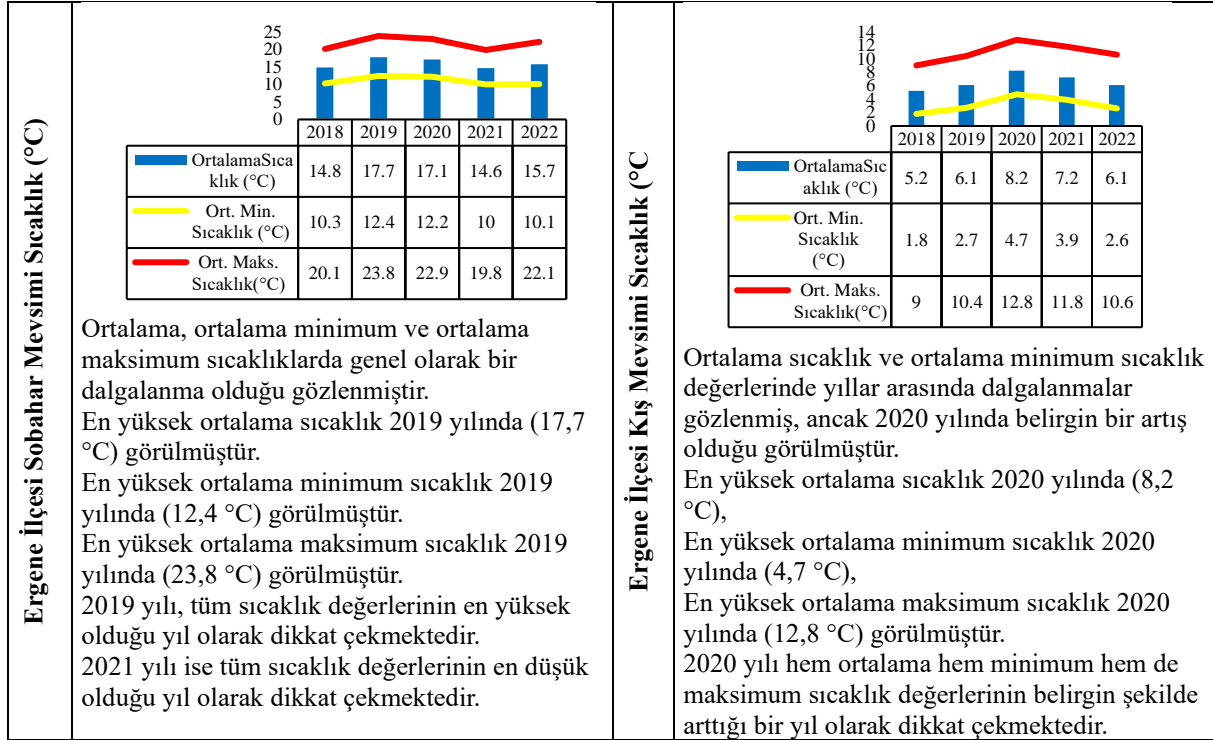
Ortalama ve ortalama minimum sıcaklık değerlerinde azalma eğilimi gözlemlenmiştir. En yüksek ortalama sıcaklık 2018'de, en yüksek ortalama minimum sıcaklık ise 2018 ve 2019'da kaydedilmiştir. Ortalama maksimum sıcaklık değerlerinde artış eğilimi tespit edilmiş olup, en yüksek değer 2021'de görülmüştür.

Ortalama ve ortalama minimum sıcaklık değerlerinde azalma eğilimi gözlemlenmiştir. En yüksek ortalama ve ortalama minimum sıcaklık değerleri 2018'de kaydedilmiştir. Ortalama maksimum sıcaklık değerlerinde artış eğilimi tespit edilmiş olup, en yüksek değerler 2020 ve 2021'de görülmüştür.



**Çizelge 3. Ergene İlçesi'nin mevsimlere göre sıcaklık verileri**

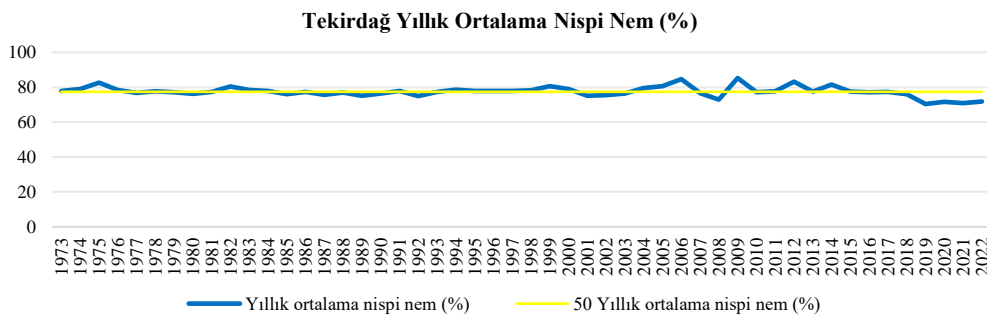




Ergene ve Tekirdağ'a ait sıcaklık verileri, genel olarak benzer eğilimler göstermektedir. Her iki bölgede de 2020 yılında kış mevsimine ait sıcaklık değerlerinde belirgin bir artış gözlemlenmiştir. Ancak, 2019 yılında Ergene İlçesi'nde yaz mevsimine ait maksimum sıcaklık değerlerinde önemli bir azalma kaydedilmişken, Tekirdağ İl'inde bu durum gözlemlenmemiştir. Her iki bölgede de mevsimler arasında belirgin sıcaklık farklılıkları tespit edilmiştir. Yaz mevsimi sıcak ve kurak, kış mevsimi ise ılıman bir karakter göstermektedir. Yıllar arasında sıcaklık değerlerinde gözlemlenen dalgalanmalar, iklim değişikliğinin bölgesel etkileriyle ilişkili olabilmektedir.

### 3.3. Nispi Nem

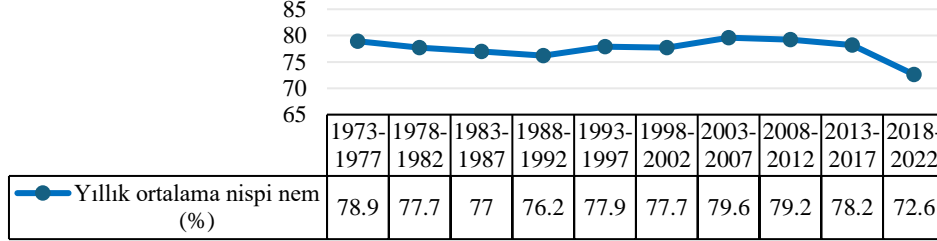
Tekirdağ İl'i 1973-2022 yıllarına ait ortalama yıllık nispi nem değerleri Görsel 5.'te belirtilmiştir.



**Görsel 5. Tekirdağ İl'i 1973-2022 arası yıllık ortalama nispi nem değerleri**

Tekirdağ İl'inde 50 yıllık ortalama nispi nem değeri %77,6 olarak belirlenmiştir. Bu değer, bölgenin genel olarak nemli bir iklime sahip olduğunu göstermektedir. Yıllık ortalama nispi nem değerlerinde bazı dalgalanmalar gözlemlenmiştir. Son 5 yılda, nispi nem değerlerinin genel olarak 50 yıllık ortalama değerin altında seyrettiği görülmektedir. Bu durum, bölgede hava koşullarının daha kuru hale geldiğine işaret edebilir.

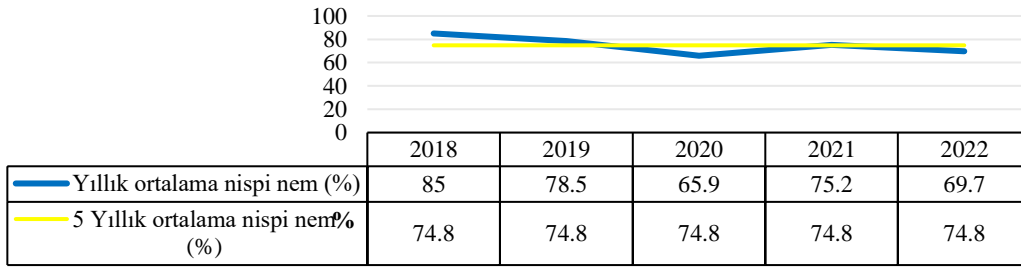
**Tekirdağ 5 Yıllık Periyotlarda Yıllık Ortalama Nispi Nem (%)**



**Görsel 6. Tekirdağ İl'i 1973-2022 arası 5 yıllık periyotlarda yıllık ortalama nispi nem değerleri**

Beş yıllık periyotlar halinde incelenen değerler, 50 yıllık dönemde nispi nemde belirgin dalgalanmalar olduğunu göstermektedir. Yıllık ortalama nispi nem değerleri %72,6 ile %79,6 arasında değişmekte olup, özellikle son dönemde (2018-2022) belirgin bir düşüş gözlenmektedir (Görsel 6).

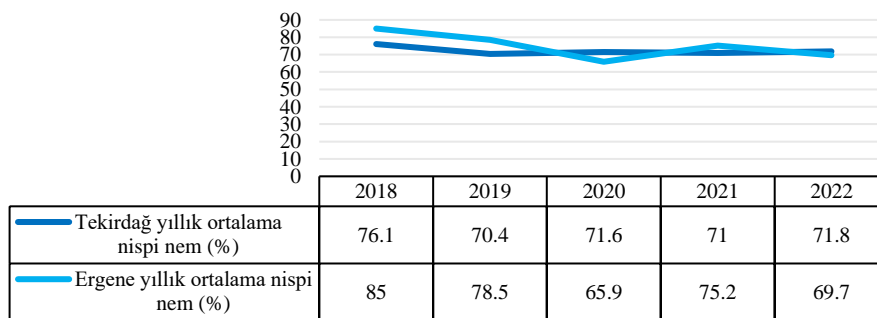
**Ergene İlçesi Yıllık Ortalama Nispi Nem (%)**



**Görsel 7. Tekirdağ İl'i Ergene İlçesi 2018-2022 arası yıllık ortalama nispi nem değerleri**

Ergene İlçesi'ndeki 5 yıllık ortalama nispi nem değeri %74,8 olarak belirlenmiştir. Bu değer, bölgenin genel olarak nemli bir iklime sahip olduğunu göstermektedir. Yıllık ortalama nispi nem değerlerinde önemli dalgalanmalar gözlemlenmiştir (Görsel 7).

**Tekirdağ ve Ergene Yıllık Ortalama Nispi Nem (%)**

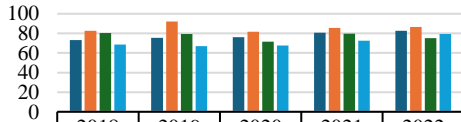
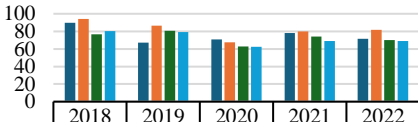


**Görsel 8. Tekirdağ İl'i ve Ergene İlçesi 2018-2022 arası yıllık ortalama nispi nem değerleri**

Tekirdağ İl'i ve Ergene İlçesi için yıllık ortalama nispi nem değerleri karşılaştırıldığında, iki coğrafi bölge arasındaki nispi nem değerlerindeki farklılıkları ortaya koymaktadır. Bu çalışmada, özellikle beş yıllık ortalama nispi nem değerleri üzerinden yapılan karşılaştırmalar iki bölge arasındaki nemlilik rejimindeki farklılıkları ve bu farklılıkların nedenlerini daha iyi anlamamızı sağlamaktadır (Görsel 8.). Bu dönemdeki incelemelere göre; Tekirdağ İl'i, Ergene İlçesi'ne göre ortalama olarak %2,2 daha yüksek bir nispi nem değerine sahiptir. Bu durum, denizden gelen nemin etkisiyle nispi nem oranının yükselmesini destekleyebilir. Tekirdağ İl'inin genel olarak daha nemli bir iklime sahip olduğunu göstermektedir. Ergene İlçesi özelinde ise nispi nemin daha düşük olması yaz aylarında kuraklık riskini artırabilir. Yıllık ortalama nispi nem değerleri arasındaki fark, incelenen dönemde yıl içerisinde önemli ölçüde değişiklik göstermiştir. Özellikle 2018 yılında, Ergene İlçesi, Tekirdağ İl'inden %8,9 daha yüksek bir nispi nem değerine ulaşarak en büyük fark gözlemlenmiştir.

Tekirdağ İl'i ve Ergene İlçesi'ne ait 2018-2022 yılları arasındaki mevsimlere göre ortalama nispi nem değerleri Çizelge 4.'te verilmiştir. Ergene İlçesi'nde kaydedilen nispi nem oranları, Tekirdağ İl'ine kıyasla daha yüksek bir değişiklik göstermektedir. Özellikle kış ve sonbahar mevsimlerinde Ergene İlçesi'nde nispi nem oranlarında belirgin dalgalanmalar tespit edilmiştir. Tekirdağ ve Ergene'de 2020 yılında nispi nem oranlarında gözlemlenen belirgin düşüşler, söz konusu yıldaki iklim koşullarının daha kurak olduğunu göstermektedir.

**Çizelge 4. Tekirdağ İl'i ve Ergene İlçesi mevsimlere göre ortalama nispi nem değerleri**

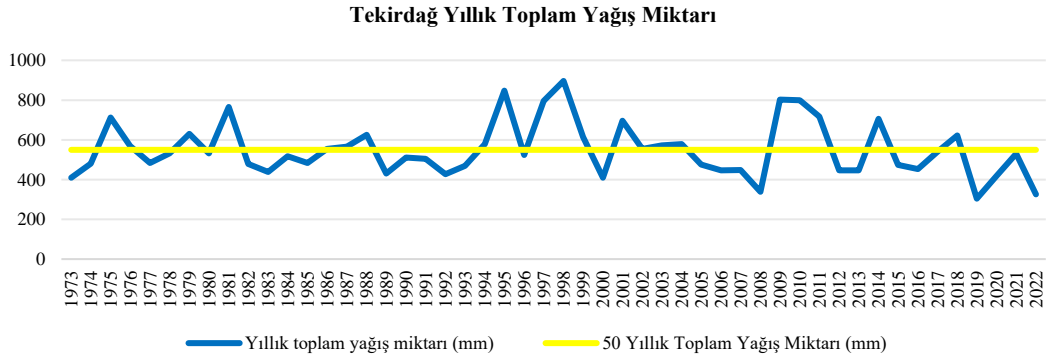
	Tekirdağ	Ergene																																																												
	<p>Tekirdağ Mevsimlere Göre Ortalama Nispi Nem (%)</p>  <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>2018</th> <th>2019</th> <th>2020</th> <th>2021</th> <th>2022</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>■ Sonbahar</td> <td>73.2</td> <td>75.4</td> <td>76</td> <td>80.8</td> <td>82.5</td> </tr> <tr> <td>■ Kış</td> <td>82.5</td> <td>92</td> <td>81.6</td> <td>85.5</td> <td>86.6</td> </tr> <tr> <td>■ İlkbahar</td> <td>80.5</td> <td>79.3</td> <td>71.6</td> <td>79.6</td> <td>75.2</td> </tr> <tr> <td>■ Yaz</td> <td>68.7</td> <td>66.8</td> <td>67.6</td> <td>72.5</td> <td>79.5</td> </tr> </tbody> </table>		2018	2019	2020	2021	2022	■ Sonbahar	73.2	75.4	76	80.8	82.5	■ Kış	82.5	92	81.6	85.5	86.6	■ İlkbahar	80.5	79.3	71.6	79.6	75.2	■ Yaz	68.7	66.8	67.6	72.5	79.5	<p>Ergene Mevsimlere Göre Ortalama Nispi Nem (%)</p>  <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>2018</th> <th>2019</th> <th>2020</th> <th>2021</th> <th>2022</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>■ Sonbahar</td> <td>89.8</td> <td>67.27</td> <td>70.62</td> <td>78.13</td> <td>71.38</td> </tr> <tr> <td>■ Kış</td> <td>94.15</td> <td>86.37</td> <td>67.67</td> <td>79.88</td> <td>81.63</td> </tr> <tr> <td>■ İlkbahar</td> <td>76.64</td> <td>80.79</td> <td>62.87</td> <td>74.09</td> <td>69.97</td> </tr> <tr> <td>■ Yaz</td> <td>80.12</td> <td>79.35</td> <td>62.52</td> <td>68.92</td> <td>68.94</td> </tr> </tbody> </table>		2018	2019	2020	2021	2022	■ Sonbahar	89.8	67.27	70.62	78.13	71.38	■ Kış	94.15	86.37	67.67	79.88	81.63	■ İlkbahar	76.64	80.79	62.87	74.09	69.97	■ Yaz	80.12	79.35	62.52	68.92	68.94
	2018	2019	2020	2021	2022																																																									
■ Sonbahar	73.2	75.4	76	80.8	82.5																																																									
■ Kış	82.5	92	81.6	85.5	86.6																																																									
■ İlkbahar	80.5	79.3	71.6	79.6	75.2																																																									
■ Yaz	68.7	66.8	67.6	72.5	79.5																																																									
	2018	2019	2020	2021	2022																																																									
■ Sonbahar	89.8	67.27	70.62	78.13	71.38																																																									
■ Kış	94.15	86.37	67.67	79.88	81.63																																																									
■ İlkbahar	76.64	80.79	62.87	74.09	69.97																																																									
■ Yaz	80.12	79.35	62.52	68.92	68.94																																																									
<b>Sonbahar</b>	Nispi nem değerleri %73,2 ile %82,5 arasında değişmektedir. Sürekli bir artış trendi gözlemlenmiştir. 2022 yılında en yüksek değer (82,5%) görülmüştür.	Nispi nem değerleri %67,27 ile %89,8 arasında değişmektedir. 2018 yılında en yüksek değer (89,8%) görülmüştür. 2019 yılında belirgin bir düşüş (67,27%) gözlemlenmiştir.																																																												
<b>Kış</b>	En yüksek nispi nem değerlerine sahip mevsimdir. Nispi nem değerleri %81,6 ile %92 arasında değişmektedir. 2019 yılında belirgin bir artış (92%) gözlemlenmiştir.	En yüksek nispi nem değerlerine sahip mevsimdir. Nispi nem değerleri %67,67 ile %94,15 arasında değişmektedir. 2018 yılında en yüksek değer (94,15%) gözlemlenmiştir. 2020 yılında belirgin bir düşüş (67,67%) gözlemlenmiştir.																																																												

<b>İlkbahar</b>	Nispi nem değerleri %71,6 ile %80,5 arasında değişmektedir. 2018 yılında en yüksek değer (80,5%) görülmüştür. 2020 yılında belirgin bir düşüş (71,6%) gözlemlenmiştir.	Nispi nem değerleri %62,87 ile %80,79 arasında değişmektedir. 2019 yılında en yüksek değer (80,79%) görülmüştür. 2020 yılında belirgin bir düşüş (62,87%) gözlemlenmiştir.
<b>Yaz</b>	En düşük nispi nem değerlerine sahip mevsimdir. Nispi nem değerleri %66,8 ile %79,5 arasında değişmektedir. Sürekli bir artış trendi gözlemlenmiştir. 2022 yılında en yüksek değer (79,5%) görülmüştür.	En düşük nispi nem değerlerine sahip mevsimdir. Nispi nem değerleri %62,52 ile %80,12 arasında değişmektedir. 2018 yılında en yüksek değer (80,12%) görülmüştür. 2020 yılında belirgin bir düşüş (62,52%) gözlemlenmiştir.

### 3.4. Yağış

Tekirdağ İl'i için 1973-2022 yılları arasında gerçekleştirilen iklim analizleri, bölgenin yağış rejimi hakkında önemli bilgiler sunmaktadır. Bu çalışmada, yıllık toplam yağış miktarındaki değişimler incelenerek, bölgenin yağış rejimi değerlendirilmiştir (Görsel 9).

Tekirdağ İl'inde 50 yıllık ortalama yıllık toplam yağış miktarı 549.7 mm olarak belirlenmiştir. Yıllık toplam yağış miktarında önemli dalgalanmalar gözlemlenmiştir. Son yıllarda, özellikle 2022 yılında yağış miktarında belirgin bir azalma olduğu görülmektedir. Son 4 yılda yağış miktarı, yıllık ortalama yağış miktarının altında kalmıştır.

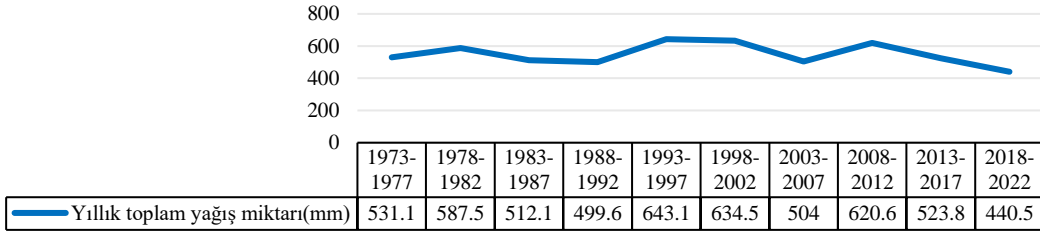


**Görsel 9. Tekirdağ İl'i 1973-2022 yıllarına ait yıllık toplam yağış değerleri**

Beş yıllık periyotlar halinde yapılan analizlerde, yıllık toplam yağış miktarında belirgin dalgalanmalar olduğu görülmüştür. Yıllık toplam yağış miktarı 440,5 mm ile 643,1 mm arasında değişmektedir. Özellikle son dönemde (2018-2022) belirgin bir düşüş gözlemlenmektedir (Görsel 10).

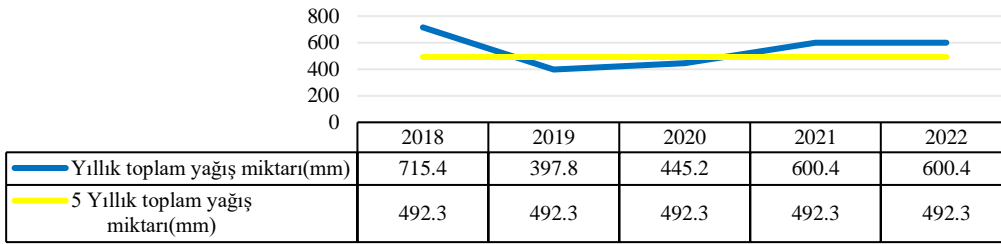


### Tekirdağ 5 Yıllık Periyotlarda Toplam Yağış Miktarı (mm)



Görsel 10. Tekirdağ İl'i 1973-2022 arası 5 yıllık periyotlarda yıllık toplam yağış değerleri

### Ergene Yıllık Yoplam Yağış Miktarı (mm)

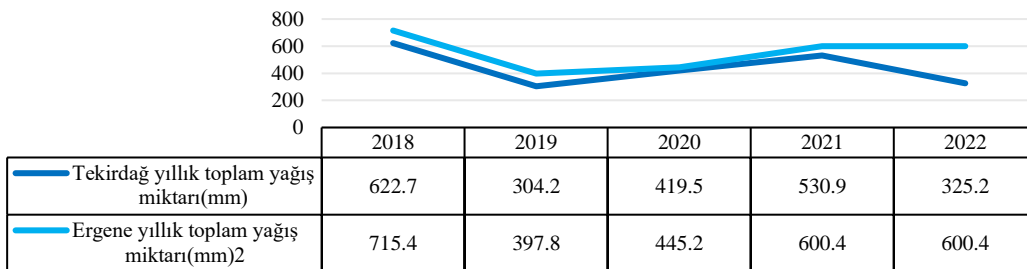


Görsel 11. Tekirdağ İl'i Ergene İlçesi 2018-2022 arası yıllık toplam yağış değerleri

Ergene İlçesi için yapılan inceleme, bölgenin yağış rejimi hakkında önemli bilgiler sunmaktadır. Özellikle son beş yıllık dönemde yaşanan yağış miktarındaki dalgalanmalar, bölgedeki kuraklık riskini ve su kaynaklarının yönetimi açısından önemli bir gösterge niteliğindedir. Ergene İlçesi'ndeki 5 yıllık ortalama yıllık toplam yağış miktarı 492.3 mm olarak belirlenmiştir. Yıllık toplam yağış miktarında önemli dalgalanmalar gözlemlenmiştir. 2018, 2021 ve 2022 yıllarında yağış miktarı 5 yıllık ortalama değerinin üzerinde, 2019 ve 2020 yıllarında ise ortalama değerinin altında kalmıştır (Görsel 11).

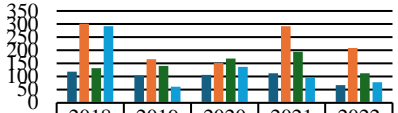
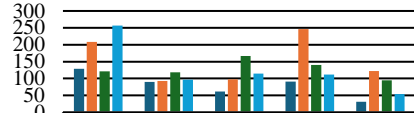
Tekirdağ İl'i, Ergene İlçesi'ne göre ortalama olarak 57.4 mm daha yüksek bir yıllık toplam yağış miktarına sahiptir. Bu durum, Tekirdağ İl'inin genel olarak daha yüksek yağış aldığı göstermektedir. Yıllık toplam yağış miktarları arasındaki fark, incelenen dönemde yıl içerisinde önemli ölçüde değişkenlik göstermiştir. Özellikle 2022 yılında, Ergene İlçesi, Tekirdağ İl'inden 275.2 mm daha yüksek bir yıllık toplam yağış miktarına ulaşarak farklılık göstermiştir (Görsel 12).

### Tekirdağ ve Ergene Yıllık Toplam Yağış Miktarı



Görsel 12. Tekirdağ İl'i ve Ergene İlçesi 2018-2022 yıllarına ait yıllık toplam yağış değerleri karşılaştırma

**Çizelge 5. Tekirdağ İli ve Ergene İlçesi mevsimlere göre toplam yağış miktarları**

	<b>Tekirdağ</b>	<b>Ergene</b>																																																												
	<p style="text-align: center;">Tekirdağ Mevsimlere Göre Toplam Yağış (mm)</p>  <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>2018</th> <th>2019</th> <th>2020</th> <th>2021</th> <th>2022</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>■ Sonbahar</td> <td>118.2</td> <td>103.5</td> <td>105.9</td> <td>112.2</td> <td>66.9</td> </tr> <tr> <td>■ Kış</td> <td>301.7</td> <td>166.1</td> <td>151.8</td> <td>292.1</td> <td>208.8</td> </tr> <tr> <td>■ İlkbahar</td> <td>132.2</td> <td>140.2</td> <td>168.2</td> <td>194.9</td> <td>112.8</td> </tr> <tr> <td>■ Yaz</td> <td>291.8</td> <td>61</td> <td>136.9</td> <td>98</td> <td>78.2</td> </tr> </tbody> </table>		2018	2019	2020	2021	2022	■ Sonbahar	118.2	103.5	105.9	112.2	66.9	■ Kış	301.7	166.1	151.8	292.1	208.8	■ İlkbahar	132.2	140.2	168.2	194.9	112.8	■ Yaz	291.8	61	136.9	98	78.2	<p style="text-align: center;">Ergene Mevsimlere Göre Toplam Yağış (mm)</p>  <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>2018</th> <th>2019</th> <th>2020</th> <th>2021</th> <th>2022</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>■ Sonbahar</td> <td>128.8</td> <td>90</td> <td>61.5</td> <td>90.6</td> <td>31.1</td> </tr> <tr> <td>■ Kış</td> <td>208.5</td> <td>93</td> <td>97.4</td> <td>246.6</td> <td>122.5</td> </tr> <tr> <td>■ İlkbahar</td> <td>121.4</td> <td>118.5</td> <td>166.6</td> <td>139.9</td> <td>94.8</td> </tr> <tr> <td>■ Yaz</td> <td>256.3</td> <td>96.3</td> <td>115</td> <td>111.4</td> <td>54.3</td> </tr> </tbody> </table>		2018	2019	2020	2021	2022	■ Sonbahar	128.8	90	61.5	90.6	31.1	■ Kış	208.5	93	97.4	246.6	122.5	■ İlkbahar	121.4	118.5	166.6	139.9	94.8	■ Yaz	256.3	96.3	115	111.4	54.3
	2018	2019	2020	2021	2022																																																									
■ Sonbahar	118.2	103.5	105.9	112.2	66.9																																																									
■ Kış	301.7	166.1	151.8	292.1	208.8																																																									
■ İlkbahar	132.2	140.2	168.2	194.9	112.8																																																									
■ Yaz	291.8	61	136.9	98	78.2																																																									
	2018	2019	2020	2021	2022																																																									
■ Sonbahar	128.8	90	61.5	90.6	31.1																																																									
■ Kış	208.5	93	97.4	246.6	122.5																																																									
■ İlkbahar	121.4	118.5	166.6	139.9	94.8																																																									
■ Yaz	256.3	96.3	115	111.4	54.3																																																									
<b>Sonbahar</b>	Yağış miktarı 66,9 mm ile 118,2 mm arasında değişmektedir. 2018 yılında en yüksek yağış miktarı (118,2 mm) görülmüştür. 2022 yılında ise yağış miktarı belirgin şekilde düşmüştür.	Yağış miktarı 31,1 mm ile 128,8 mm arasında değişmektedir. 2018 yılında en yüksek yağış miktarı (128,8 mm) görülmüştür. 2022 yılında ise yağış miktarı belirgin şekilde düşmüştür.																																																												
<b>Kış</b>	En yüksek yağış miktarına sahip mevsimdir. Yağış miktarı 151,8 mm ile 301,7 mm arasında değişmektedir. 2018 ve 2021 yıllarında yüksek yağış miktarları görülmüştür. 2019 ve 2020 yıllarında ise yağış miktarı belirgin şekilde düşmüştür.	En yüksek yağış miktarına sahip mevsimdir. Yağış miktarı 93 mm ile 246,6 mm arasında değişiyor. 2018 ve 2021 yıllarında yüksek yağış miktarları görülmüştür. 2019 ve 2020 yıllarında ise yağış miktarı belirgin şekilde düşmüştür.																																																												
<b>İlkbahar</b>	Yağış miktarı 112,8 mm ile 194,9 mm arasında değişmektedir. 2021 yılında en yüksek yağış miktarı (194,9 mm) görülmüştür. 2022 yılında ise yağış miktarı belirgin şekilde düşmüştür.	Yağış miktarı 94,8 mm ile 166,6 mm arasında değişmektedir. 2020 yılında en yüksek yağış miktarı (166,6 mm) görülmüştür. 2022 yılında ise yağış miktarı belirgin şekilde düşmüştür.																																																												
<b>Yaz</b>	En düşük yağış miktarına sahip mevsimdir. Yağış miktarı 61 mm ile 291,8 mm arasında değişmektedir. 2018 yılında en yüksek yağış miktarı (291,8 mm) görülmüştür. Diğer yıllarda ise yağış miktarı belirgin şekilde düşmüştür.	En düşük yağış miktarına sahip mevsimdir. Yağış miktarı 54,3 mm ile 256,3 mm arasında değişmektedir. 2018 yılında en yüksek yağış miktarı (256,3 mm) görülmüştür. Diğer yıllarda ise yağış miktarı belirgin şekilde düşmüştür.																																																												

Çizelge 5. de görüldüğü üzere; Tekirdağ İli ve Ergene İlçesi'ne ilişkin 2018-2022 yılları arasındaki mevsimsel yağış verileri, her iki lokasyonda da kış mevsiminin en yağışlı, yaz mevsiminin ise en kurak dönem olduğunu göstermektedir. Ancak, kış ve ilkbahar mevsimlerinde Tekirdağ'da kaydedilen yağış miktarları, Ergene İlçesi'ne kıyasla daha yüksek değerlere ulaşmıştır. Ergene İlçesi'nde sonbahar mevsimine ait yağış verileri, Tekirdağ'a göre daha yüksek bir değişkenlik göstermektedir. Tekirdağ'da ve Ergene'de 2019, 2020 ve 2022 yıllarında yağış miktarlarında belirgin bir azalma gözlemlenmiş olup, bu durum söz konusu yıllardaki iklim koşullarının daha kurak olduğunu göstermektedir. Ergene İlçesi'nin yağış rejiminde, Tekirdağ'a kıyasla daha yüksek bir değişkenlik tespit edilmiştir (Çizelge 5).

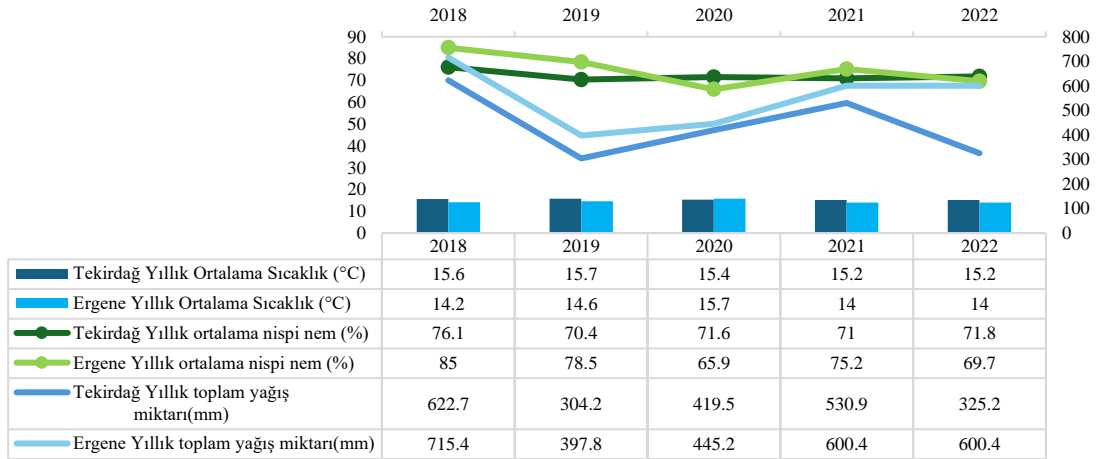
#### 4. SONUÇLAR VE DEĞERLENDİRME

Bu çalışmada, Tekirdağ İl'i genelinde ve Ergene İlçesi'nde gözlemlenen temel iklim parametreleri olan sıcaklık, nispi nem ve yağış değerleri karşılaştırmalı olarak analiz edilmiştir. Her iki bölgeye özgü iklimsel eğilimleri etkileyen topografik yapı haritaları oluşturularak, coğrafi farklılıkların iklim parametreleri üzerindeki etkileri incelenmiştir. Çalışma kapsamında, meteorolojik veriler değerlendirilerek, farklılıklar analiz edilmiştir.

Tekirdağ İl'inin geniş ölçüde düz bir topografyaya sahip olması, güneş ışınlarının daha homojen bir şekilde dağılmasına ve dolayısıyla sıcaklık farklılıkların azalmasına katkı sağlamaktadır. Tekirdağ'da orta yükseltideki arazilerin yaygınlığı, ilin genel olarak ılıman bir iklim rejimine sahip olmasını desteklemektedir. Kıyı bölgelerindeki alçak ovalar, deniz etkisinin iç kesimlere kadar uzanmasını sağlayarak nem oranını ve yağış miktarını etkilemektedir. Güney ve kuzey bakıların dengeli dağılımı, güneş radyasyonunun farklı açılardan alınmasını ve dolayısıyla sıcaklık dağılımının dengelenmesini sağlamaktadır. Ergene İlçesi'nin ise neredeyse tamamen düz bir topografyaya sahip olması, güneş ışınlarının homojen dağılımını sağlamakta ve ilçenin genel olarak daha karasal bir iklim rejimine sahip olmasına katkıda bulunmaktadır. Güney ve kuzey bakıların dengeli dağılımı, Tekirdağ İl'inde olduğu gibi, güneş ışınlarının farklı açılardan alınmasını ve sıcaklık dağılımının dengelenmesini sağlamaktadır. Bu topografik özellikler, Tekirdağ ve Ergene'nin iklimini şekillendiren temel faktörlerdendir. İklim değişikliği ile, bu özelliklerin etkileri de değişebilir ve bu durum bölgedeki tarım, su kaynakları ve doğal ekosistemler üzerinde önemli etkiler oluşturabilir.

2018-2022 yılları arasındaki beş yıllık değerlendirme periyodunda, Tekirdağ ve Ergene'ye ait sıcaklık, nispi nem ve yağış miktarı verileri Görsel 13'te sunulmuştur. Buna göre; Ergene İlçesi'nde ortalama sıcaklık değerleri, Tekirdağ'a göre daha düşük ve daha değişken bir seyir izlemektedir. Tekirdağ'ın ortalama sıcaklık değeri 15,4 °C, Ergene'nin ise 14,5 °C olarak belirlenmiştir. Tekirdağ'ın ortalama sıcaklık değerinin Ergene'ye kıyasla 0,9 °C daha yüksek olduğu gözlemlenmiştir. Maksimum sıcaklık değerinin ise, Ergene İlçesinin Tekirdağ İl'ine göre ortalama 0,6 °C daha yüksek olduğu saptanmıştır. Minimum sıcaklık değerinde ise, Tekirdağ İl'i, Ergene İlçesi'ne göre ortalama 3,1 °C daha yüksek bir minimum sıcaklığa sahip olmuştur. Bu durum, Tekirdağ İl'inin daha ılıman bir kış geçirdiğini göstermektedir. Ergene İlçesi'nde nispi nem değerleri, Tekirdağ'a göre daha düşük ve daha değişken bir seyir izlemektedir. Tekirdağ'ın ortalama nispi nem değeri %77,6, Ergene'nin ise %74,8 olarak ölçülmüştür. Ortalama nispi nem değerinin Tekirdağ'da Ergene'ye kıyasla %2,8 daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Ergene İlçesi, genel olarak Tekirdağ'a göre daha yüksek yağış miktarlarına sahiptir. Tekirdağ'ın ortalama toplam yağış miktarı 440,5 mm, Ergene'nin ise 551,8 mm olarak görülmüştür. Ortalama toplam yağış miktarının Ergene İlçesi'nin Tekirdağ'a kıyasla 111,3 mm daha fazla olduğu saptanmıştır.

**Tekirdağ Ve Ergene Sıcaklık, Yağış Ve Nispi Nem Miktarları**



**Görsel 13. Tekirdağ ve Ergene sıcaklık, yağış ve nispi nem miktarları (2018-2022)**

Çalışmada, sıcaklık değerlerinin mevsimsel ve yıllık ortalamalar açısından kıyıya yakın bölgelerde genellikle daha ılıman olduğu, iç kesimlerde ise sıcaklık değişimlerinin daha belirgin hale geldiği gözlemlenmiştir. Tekirdağ İl'inin daha iç kesimlerde yer alan Ergene İlçesi'ne göre daha ılıman bir iklime sahip olduğunu göstermektedir.

Çalışmadan elde edilen bulgular, Tekirdağ İl'i ve Ergene İlçesi arasında iklimsel parametreler açısından farklılıklar gösterdiğini, bu durumda coğrafi konum, topografik yapı ve denizin etkisinin önemli bir rol oynadığı söylenebilir. Bu değerlendirmeler; tarım, su kaynakları, sanayi, yerleşim alanlarının planlanması açısından altlık veriler sağlayacaktır.

## KAYNAKÇA

- [1] Akbaş,F., (2019). Denizli Şehrinin İklim Parametreleri, Sosyal, Beşeri ve İdari Bilimler Dergisi, 2(12): 913- 937.
- [2] Atabey, S., Toprak, Z. F. (2018). Bitlis ve Muş İllerinin İklim Değişikliği Çerçevesinde Uzun Dönem Sıcaklık Değişimi Karşılaştırması. Dicle Üniversitesi Mühendislik Dergisi, 9(1), 419-428.
- [3] Bolat ve Şensoy, 2023. 2012–2021 yılları arasındaki bazı meteorolojik verilerin analizi ve değişim eğiliminin irdelenmesi: Sinop ve Kastamonu İlleri örneği Anadolu Orman Araştırmaları Dergisi, 9(2), 1–9.
- [4] Bulgurcu, H., Koçyiğit, N., Türkiye'deki Tüm İl ve İlçeler için Yeni Ortalama Aylık İklim Verileri, Tesisat Mühendisliği Dergisi, Sayı: 202, sf. 19-31, Mayıs-Haziran 2024.
- [5] Chapman, L., & Thornes, J.E. (2003). The use of geographical information systems in climatology and meteorology. *Progress in Physical Geography*, 27, 313- 330.
- [6] Climate Change Knowledge Portal (CCKP) 2024. *Guidance for Understanding Climate Conditions and Climate Change, and Determining Physical Climate Risks in Operational Programming*.
- [7] Dale, V. H. (1997). The relationship between land-use change and climate change. *Ecological applications*, 7(3), 753-769.

- [8] Fosso, L. C., & Karahalıl, U. (2020). Some important parameters to display the effects of climate change on forest: a case study in Cerle planning unit, Antalya, Turkey. *Artvin Çoruh Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 21(1), 45-58. <https://doi.org/10.17474/artvinofd.527802>.
- [9] Güler, M., & Kara, T. (2007). Alansal Dağılım Özelliği Gösteren İklim Parametrelerinin Coğrafi Bilgi Sistemleri ile Belirlenmesi ve Kullanım Alanları; Genel Bir Bakış. *Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi*, 22(3), 322-328. <https://doi.org/10.7161/anajas.2007.22.3.322-328>.
- [10] IPCC. (2018). *The Climate System: an Overview*.
- [11] IPCC. (2022). *Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability*.
- [12] Kaltakkıran, G. (2024). Ardahan ilinin meteorolojik verilerindeki değişimin istatistiksel olarak incelenmesi. *Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 14(1), 208-226. <https://doi.org/10.17714/gumusfenbil.1242946>
- [13] Sabancı, S., *Alanya ve Manavgat'ın İklim Özellikleri*, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul, 2012.
- [14] Saldık, S., *Simav ve Tavşanlı'nın İklim Özellikleri*, Yüksek Lisans Tezi, Marmara Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul, 2019.
- [15] Skendzic, S., Zovko, M., Zivkovic, I. P., Lesic, V., & Lemic, D. (2021). The Impact of Climate Change on Agricultural Insect Pests. *Insects*, 12(5), 440. <https://doi.org/10.3390/insects12050440>.
- [16] Tekirdağ Büyükşehir Belediyesi. (2023). Tekirdağ Sürdürülebilir Enerji ve İklim Eylem Planı,2023. [www.tekirdag.bel.tr](http://www.tekirdag.bel.tr).
- [17] Tuncer, G., & Sönmez, O. (2023). *Mudurnu Çayı Havzasında Yağış ve Sıcaklık Verilerinin Trend Analizi*. International Conference on Applied Engineering and Natural Sciences, 1(1), 653–658. <https://doi.org/10.59287/icaens.1074>.
- [18] Yalçın, G., Demircan, M., Ulupınar, Y., & Bulut, E. (2005). *Klimatoloji-I. DMI Yayınları, Yayın*, (2005/01).

## BETON İÇİN AGREGA SEÇİMİNDE KAYAÇ TÜRLERİNİN BAZI MEKANİK ÖZELLİKLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI

**Dr. Öğr. Üyesi, Tekin YILMAZ**

Gümüşhane Üniversitesi, yilmaz@gumushane.edu.tr - 0000-0003-3288-5192

**Dr. Öğr. Üyesi, Ercüment KOÇ**

Atatürk Üniversitesi, ercument.koc@atauni.edu.tr - 0000-0002-9804-4620

**Prof. Dr., Ali Osman YILMAZ**

Karadeniz Teknik Üniversitesi, aoyilmaz@ktu.edu.tr - 0000-0002-8278-5133

### ÖZET

Bu çalışma, Bayburt taşı, bazanit ve kireçtaşının bazı mekanik özellikler açısından beton agregası olarak uygunluklarını değerlendirmek amacıyla yürütülmüştür. Bu amaçla, Trabzon ve Bayburt'tan getirilen kaya blokları kullanılarak testler için gerekli numuneler hazırlanmış ve numuneler (Bayburt taşı, bazanit ve kireçtaşı) üzerinde Schmidt sertlik testi (SS), ultrasonik dalga hızı (UPV), tek eksenli basınç dayanımı (TEBD) ve indirekt çekme dayanımı (DÇD) deneyleri gerçekleştirilmiştir. Bulgulardan, bazanit kayacının SS, UPV, TEBD ve DÇD açısından diğer kayalara kıyasla daha üstün mekanik performansa sahip olduğu görülmüştür. Bu doğrultuda, bazanit kayacından üretilen agregaların beton performansını artıracığı ve daha dayanıklı yapılar için uygun bir seçenek olabileceği sonucuna ulaşılmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Beton, Agregası, Schmidt sertlik testi, Basınç dayanımı, Çekme dayanımı

### COMPARISON OF SOME MECHANICAL PROPERTIES OF ROCK TYPES IN AGGREGATE SELECTION FOR CONCRETE

#### ABSTRACT

This study was conducted to evaluate the suitability of Bayburt stone, basanite, and limestone as concrete aggregate in terms of certain mechanical properties. For this purpose, rock blocks obtained from Trabzon and Bayburt were used to prepare the necessary test specimens, and Schmidt hardness test (SS), ultrasonic pulse velocity (UPV), uniaxial compressive strength (UCS), and indirect tensile strength (ITS) tests were performed on the specimens (Bayburt stone, basanite, and limestone). The findings indicated that basanite exhibited superior mechanical performance in terms of SS, UPV, UCS, and ITS compared to the other rock types. Accordingly, it was concluded that aggregates derived from basanite could enhance concrete performance and serve as a suitable option for more durable structures.

**Keywords:** Concrete, Aggregate, Schmidt hardness test, compressive strength, tensile strength

## 1. GİRİŞ

Ülkemizdeki demografik büyüme ve göç hareketleri, yapı ihtiyacını artırarak inşaat sektöründe çeşitli sorunlara yol açmaktadır. Bu kapsamda, yüksek katlı yapıların yaygınlaşması, yapılaşmaya uygun arazilerin giderek azalması ve hatalı imar kararları, betonarme yapı malzemesi olarak betonun önemini daha da ön plana çıkarmaktadır. Ayrıca, ülkemizde meydana gelen depremler (Elbistan ve Pazarcık-Kahramanmaraş, Seferihisar-İzmir Tabanlı-Van, Bingöl, Düzce, Gölcük-Kocaeli) sırasında oluşan yıkımlar, büyük can ve mal kayıplarına sebep olurken, ana malzemesi beton olan yapıların yeterli sağlamlıkta olmadığını ortaya çıkarmıştır (Aksüt, 2015; Kaplan, 2022).

Çimentolu malzemelerin (beton, harç, dolgu vb.) üretiminde kullanılan birincil bileşenler içerisinde en pahalı malzemenin çimento olmasından dolayı, üretilen çimentolu malzemenin arzu edilen kalitede (dayanım ve duraylılık) olması koşuluyla bünyesinde maksimum seviyede agrega kullanılması; beton, harç vb. malzemelerin üretim maliyetinin azalmasına katkı sunar (Çavuşoğlu, 2005). Ülkemizde imal edilen betonarme yapıların sağlamlığını (dayanımını) arttırarak ve bu sayede ömrünü uzatarak yukarıda özetlenen problemleri engellemek veya azaltmak için betonun yaklaşık %65-80'ini kapsayan agregaların fiziksel, kimyasal ve mekanik özellikleri açısından en uygun olanlarının tercih edilmesi adeta zorunluluk halini almıştır (Özel, 2018; Kaplan 2022; Koç vd., 2024). Agregaların mekanik performansı; sertlik, tokluk, basınç dayanımı ve aşınma direnci gibi temel özelliklerden etkilendiğinden dolayı betonda kullanılması planlanan agregaların dayanıklı ve uzun ömürlü olabilmesi; onların yüksek sertlikte, kırılmaya karşı güçlü yapıda ve aşınmaya karşı dirençli olması ile mümkündür (Akyıldırım, 2022; Değer, 2023; Turgut, 2023). Çimentolu malzemelerden (beton, harç, dolgu vb.) istenilen mekanik performansın elde edilmesi, kullanılan agregaların mümkün olduğunca yüksek mekanik özellikler göstermesinden geçmektedir (Güner ve Süme, 2009; Koç, 2014). Agregalar üzerinde gerçekleştirilen mekanik testler; tek eksenli basınç dayanımı, Schmidt çekici sertlik testi, nokta yükleme dayanımı, indirekt çekme dayanımı, aşınma dayanımı, agrega parçalanma dayanımı (kırılgenlik) ve ultrasonik dalga hızı olarak sıralanabilir. Agregaların basınç dayanımı konusunda gözenekliliğin oldukça etkili olduğunun ve agrega dayanımının düşük gözeneklilik ile arttığı bildirildiği önceki çalışmalar, dayanımı düşük ve aşınmaya karşı dirençsiz agregalarla üretilen betonların yüksek mukavemete sahip olamayacağını göstermektedir (Postacıoğlu, 1987; Koç, 2014; Turgut, 2023; Kuzlu ve Karakaş, 2024). Agregaların yüksek dayanım göstermesinin yanı sıra, muhtemel aşınma problemlerinin yaşanacağı yol ve yüzey betonlarında kullanılacak agrega malzemesinin aşınmaya karşı dirençli olması ve bunun aşınma dayanıklılığı testi yapılarak sağlanması gerekmektedir. Ayrıca, bir agrega malzemesinin dayanım performansı ile aşınma dayanıklılığı ve dolayısıyla o agrega ile üretilen betonun mekanik özellikleri arasında doğrusal bir ilişki olduğu bildirilmiştir (Demirel vd., 2017).

Her geçen gün artmakta olan beton üretim miktarının 2050 yılında 18 milyar ton olacağı tahmin edilmekte ve bu durumun beton içerisinde oldukça yüksek orana sahip agrega malzemeleri için tedarik problemleri yaşanmasına sebep olacağı dikkate alındığında (Avşaroğlu vd., 2022), farklı

türlere sahip malzemelerin agrega olarak kullanılabilme olasılıklarının araştırılması faydalı olacaktır. Bu bağlamda, bu laboratuvar çalışması, beton için agrega seçiminde 3 farklı kayacın (Bayburt taşı, bazanit ve kireçtaşı) bazı mekanik özelliklerinin (Schmidt çekici sertlik testi, ultrasonik dalga hızı, tek eksenli basınç dayanımı ve endirekt çekme dayanımı) araştırılmasına odaklanmıştır.

## 2. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

Çalışmada, her kayaç türü için 50 kg'lık 3 tane blok olmak üzere Çizelge 1'de belirtilen sahalardan/ocaklardan kayaçlar temin edilmiştir. Çalışmaya konu olan mekanik testlere için her bir kaya bloğundan karotiyer kullanılarak NX (54,7 mm) çaplı silindirik karotlar alınmış ve laboratuvar tipi kayaç kesme testeresi yardımıyla karotlar uygun boyutlarda kesilmiştir. Ardından testlerde kullanılmak üzere karot numunelerinin boy (L) ve çap (D) değerleri kumpas vasıtasıyla ölçülerek kaydedilmiştir.

Çizelge 1. Kayaçların getirildiği lokasyonlar

Kayaç adı	Lokasyon
Bayburt taşı	Bayburt
Bazanit	Düzyurt Köyü/Trabzon
Kireçtaşı	Kaymaklı Köyü/Trabzon

Schmidt sertliği (SS) testi, kayaçların sertlik özelliklerini belirlemek amacıyla 5 adet NX çaplı karot numunesi üzerinde ISRM (1981) standartlarına göre dijital Schmidt çekici kullanılarak düşey aşağı yönlü olacak şekilde 20 adet vuruş yapılarak gerçekleştirilmiştir. Testin ardından çekiç bilgisayara bağlanarak değerler elde edilmiş ve ilgili standart uyarınca en yüksek 10 değerlerin ortalaması alınarak her kayacın Schmidt sertlik değeri belirlenmiştir.

Ultrasonik dalga hızı (UPV) testleri için üç farklı kayaçtan hazırlanmış karot numuneleri üzerinde doğrudan iletim tekniği uygulanmış ve test öncesinde numune ile jeofonlar arasında iletişim kopuklukları yaşanmaması adına numune alt-üst yüzeylerine vazelin kaplanmıştır (ASTM D 2845, 2017; ISRM, 1981). Son olarak, aşağıdaki formül ile her bir kayacın UPV değeri hesaplanmıştır.

$$UPV (m/s) = L / t \quad (1)$$

L/D= 2,5 olacak şekilde hazırlanan 5'er adet NX (54,7 mm) tipi karot numunesinin tek eksenli basınç dayanımı (TEBD) testleri bilgisayardan kontrolü sağlanan ve 3000 kN'a kadar yükleme yapabilen pres ile yapılmıştır (ASTM D 7012, 2014). Test sırasında yükleme hızı 1kN/s olarak seçilmiştir.

Dolaylı çekme dayanımı (DÇD) testi için D/L (çap/boy)= 2 olacak şekilde farklı kayaç gruplarına ait 5'er tane silindirik numune hazırlanmış ve her numunenin alt-üst yüzeylerinin paralel olmasına dikkat edilerek düzeltilmiştir. Numunelerin D ve L değerleri kumpas kullanılarak belirlenmiş ve Eşitlik 2'de kullanılmak üzere kayıt altına alınmıştır. DÇD testinde



200 N/s'lik yükleme hızı seçilmiş ve numunelerin 15-30 s arasında yenilmesi sağlanmıştır (ASTM D3967-16, 2023).

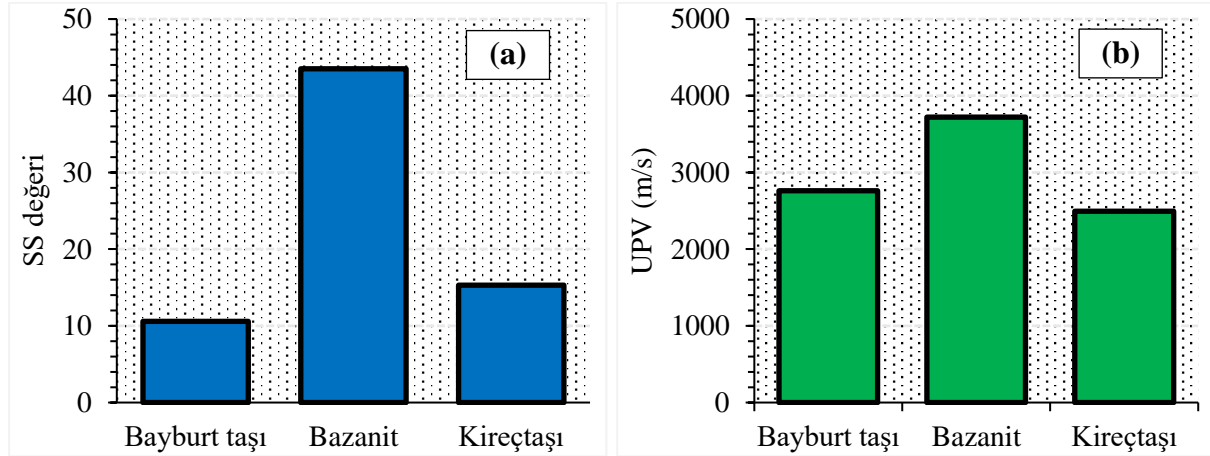
$$\sigma_t = (0,6366 \times F_c) \div (D \times L) \quad (2)$$

Eşitlikte bilinmeyenler aşağıda birimleriyle birlikte açıklanmıştır.

$\sigma_t$ : Numunenin çekme dayanımı (MPa)    D: Numunenin çapı (mm)  
F<sub>c</sub>: Yenilme anındaki yük (N)                    L: Numunenin kalınlığı (mm)

### 3. SONUÇLAR VE DEĞERLENDİRME

Trabzon ve Bayburt'tan getirilen kayaçların (Bayburt taşı, bazanit ve kireçtaşı) SS ve UPV sonuçları Görsel 1'de sunulmuştur. Numunelerin SS ve UPV değerlerinin sırasıyla 10,6-43,5 ve 2495,4-3719,7 m/s aralığında değiştiği tespit edilmiştir. Her iki teste en yüksek SS ve UPV değerleri bazanit kayacından üretilen numunelerde kaydedilirken, en düşük bulgular; SS için Bayburt taşında ve UPV için kireçtaşında ölçülmüştür. Bazanit numunelerinin SS ve UPV değerleri diğer kayaç numunelerine kıyasla sırasıyla %310'a (Görsel 1a) ve %49'a (Görsel 1b) kadar daha yüksek sonuçlar göstermiştir. Kayaç numunelerinin sertlik sınıfları değerlendirildiğinde (ISRM, 1978), Bayburt taşı ve kireçtaşının az yumuşak (10<10,6 ve 15,32<20) sınıfta yer aldıkları, bazanitin ise sert kayaç (40<43,5<50) sınıfında bulunduğu belirlenmiştir. Ultrasonik dalga hızı sınıflamasına (Anon, 1979) bakıldığında, kayaçların UPV sınıflarının çok düşük (kireçtaşı), düşük (Bayburt taşı) ve orta hız (bazanit) grubuna girdiği anlaşılmaktadır (Çizelge 2). Bu iki testten elde edilen bulgular ışığında, beton üretiminde agrega olarak bazanit kayacının kullanılmasının diğer kayaçlara nazaran daha faydalı olacağı söylenebilir.



Görsel 1. Kayaçların SS (a) ve UPV (b) sonuçları

Çizelge 2. Schmidt sertlik (ISRM, 1978), UPV (Anon, 1979) ve TEBD testine (Deere ve Miller, 1966) göre kayaçların sınıflandırılması

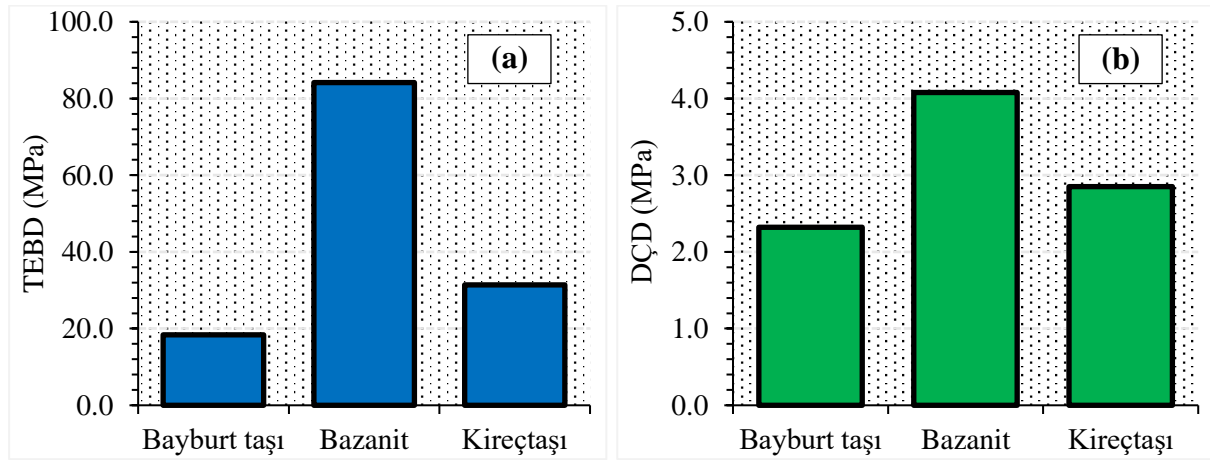
Schmidt sertlik Değeri / Sertlik sınıfı	UPV değeri (m/s) / Hız sınıfı	TEBD değeri (MPa) / Dayanım sınıfı
0-10 / Yumuşak	<2500 / Çok düşük	1-25 / Çok düşük dayanımlı
10-20 / Az yumuşak	2500-3500 / Düşük	25-50 / Düşük dayanımlı
20-40 / Az sert	3500-4000 / Orta	50-100 / Orta dayanımlı
40-50 / Sert	4000-5000 / Yüksek	100-200 / Yüksek dayanımlı

50-60 / Oldukça sert  
>60 / Çok sert

>5000 / Çok yüksek

>200 / Çok yüksek dayanımlı

Görsel 2, beton agregası olma potansiyeli araştırılan kayalar için test edilen mekanik özelliklerden TEBD (a) ve DÇD (b) bulgularını içermektedir. 18,35-84,15 MPa aralığında TEBD değerleri gösteren kayaç numuneleri içerisinde en düşük ve en yüksek basınç dayanımı sağlayan numuneler sırasıyla Bayburt taşı ve bazanittir. Bazanit numunesi Bayburt taşı ve kireçtaşına kıyasla %359 ve %168 daha yüksek TEBD üretmiştir (Görsel 2a). Deere ve Miller (1966) tarafından hazırlanan basınç dayanımı sınıflaması; Bayburt taşı için çok düşük dayanım ( $1 < 18,35 \text{ MPa} < 25$ ), kireçtaşı için düşük dayanım ( $25 < 31,37 \text{ MPa} < 50$ ) ve bazanit için orta dayanım ( $50 < 84,15 \text{ MPa} < 100$ ) sınıfını işaret etmektedir (Görsel 2a ve Çizelge 2).



Görsel 2. Kayaçların TEBD (a) ve DÇD (b) sonuçları

Kayaçlardan elde edilen D/L=2 boyutlu silindirik numunelerin DÇD testine ait bulgular incelendiğinde (Görsel 2b), TEBD sonuçlarıyla uyumlu olarak en düşük ve en yüksek çekme dayanımına sırasıyla Bayburt taşı ve bazanit numunelerinde ulaşılmıştır. Şöyle ki; bazanit kayacı kullanılarak hazırlanan numunelerin DÇD değeri 4,08 MPa olarak belirlenmişken, Bayburt taşı numunesi bazanite kıyasla %43,2 oranında daha düşük bir DÇD değerine tekabül eden 2,32 MPa'lık bir çekme dayanımı üretmiştir. Kireçtaşı ise 2,85 MPa'lık DÇD değeri ile Bayburt taşına nazaran kısmen daha iyi bir performans sağlamıştır (Görsel 2b). Analiz edilen test (TEBD ve DÇD) sonuçları, beton üretiminde agrega olarak bazanit kayalarının kullanımının, diğer kayaç seçeneklerine kıyasla daha olumlu performans göstereceğini işaret etmektedir.

#### 4. SONUÇLAR

Bu araştırma, üç farklı kayaç türünün (Bayburt taşı, bazanit ve kireçtaşı) belirli mekanik özelliklerini analiz etmeye ve beton agregası olarak uygunluklarını değerlendirmeye odaklanmıştır. Bu çerçevede kayaçlardan hazırlanan numuneler üzerinde Schmidt sertlik testi, ultrasonik dalga hızı, tek eksenli basınç dayanımı ve endirekt çekme dayanımı deneyleri yürütülmüştür. Deneysel çalışmaları tamamlanan kayaçlar içerisinde bazanit kayacının tüm testlerde (SS, UPV, TEBD ve DÇD) en faydalı performansı gösterdiği ortaya çıkmıştır.

Bazanitin SS sınıfı "*sert*" iken, UPV ve TEBD sınıflarının sırasıyla "*orta hız*" ve "*orta dayanımlı*" olduğu tespit edilmiştir. Sonuçlar göz önünde bulundurulduğunda, bazı mekanik testleri gerçekleştirilen kayalar içerisinde bazanit kayacından üretilecek agrega malzemesinin aynı karışım şartlarında hazırlanacak betonun kalite göstergeleri konusunda daha verimli sonuçlar sağlayacağı söylenebilir.

## KAYNAKÇA

Aksüt, Y.S. (2015). Erzincan-üzümlü yöresi volkanik kayalarının beton agregası olarak kullanılabilirliği Yüksek lisans tezi, Gümüşhane Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gümüşhane, 75s.

Akyıldırım, H. (2022). Gebze Tavşanlı kireçtaşı ile Kandıra Babaköy bazaltı kırmataş agregalarının beton agregası olarak kullanılabilirliğinin karşılaştırılması, Yüksek lisans tezi, Kocaeli Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kocaeli, 127s.

Anon, O.H. (1979). Classification of rocks and soils for engineering geological mapping. Part 1: rock and soil materials. Bulletin of the International Association of Engineering Geology, 19(1), 364-437.

ASTM D2845 (2017). Standard test method for laboratory determination of pulse velocities and ultrasonic elastic constants of rock, Annual Book of ASTM Standards, ASTM International.

ASTM D3967-16 (2023). Standard Test Method for Splitting Tensile Strength of Intact Rock Core Specimens. Annual Book of ASTM Standards, ASTM International.

ASTM D7012 (2014). Standard test methods for compressive strength and elastic moduli of intact rock core specimens under varying states of stress and temperatures, Annual Book of ASTM Standards, ASTM International.

Avşaroğlu, E.B.G., Eken, M., Eser, E. (2022). Elbistan Bölgesinden Elde Edilen Agregaların Mühendislik Özellikleri Ve Beton Üretiminde Kullanılabilirliğinin Araştırılması, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, 25(4), 503-515.

Çavuşoğlu, İ. (2005). Harşit çayından (Tirebolu-Giresun) elde edilen kırılmış dere malzemesinin beton agregası olarak kullanılabilirliğinin incelenmesi, Yüksek lisans tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon, 114s.

Deere, D.U. and Miller, R.P. (1966). Engineering classifications and index properties of intact rock, University of Illinois, Urbana, Illinois, Tech. Memo. AFWL-TR 65-116, December. 01.

Değer, M.K. (2023). Cizre ve çevresine ait bazalt agregasının dolomit agregasına göre beton performansına etkisi, Yüksek lisans tezi, Şırnak Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Şırnak, 94s.

Demirel, C., Bekem, İ., Kara, C. (2017). Deriner Baraj Kazısından Çıkan Malzemelerin Beton Üretiminde Agregası Olarak Değerlendirilmesi. In International Academic Research Congress (İnes2017).

Güner, M.S. ve Süme, V. (2000). Yapı Malzemesi ve Beton. Aktif Yayınevi, Erzurum, 335s.

ISRM, (1978). Suggested Methods for Determining Hardness and Abrasiveness of Rocks, International Rock Mechanics and Mining Sciences, Geomech. Abstr, 15, pp. 89- 97.

ISRM, 1981. Rock Characterization, Testing and Monitoring: ISRM suggested Methods. E.T. Brown (ed.), Pergamon Press, 178-184 s.

Kaplan, A. (2022). Doğu Mahallesi (Korgun, Çankırı) dolayındaki kireçtaşlarının beton agregası olarak uygunluğunun araştırılması, Yüksek lisans tezi, Çankırı Karatekin Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Çankırı, 40s.

Koç, E. (2014). Trabzon ili ve çevresinden alınan doğal taşların agrega malzemesi olarak kullanılabilirliğinin araştırılması, Yüksek lisans tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon, 84s.

Koç, E., Yılmaz, T., Yılmaz, A. O. (2024). Doğu Karadeniz bölgesi doğal taşlarının beton üretiminde agrega olarak kullanılabilirliğinin incelenmesi. Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi, 12(1), 49-62.

Kuzlu, C.B., Karakaş, A. (2024). Kocaeli Kandıra Babaköy bazaltının asfalt agregası olarak kullanılabilirliği ve Çorlu Karatepe bazaltı ile karşılaştırılması. Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, 27(4), 1647-1659.

Özel, C. (2018). Kendiliğinden yerleşen betonda mermer–granit ve andezit’in agrega olarak kullanılabilirliğinin araştırılması. Uluslararası Teknolojik Bilimler Dergisi, 10(1), 19-30.

Postacıoğlu, B. (1987). Beton, Bağlayıcı Maddeler, Agregalar, Beton, Cilt 2, Teknik Kitaplar Yayınevi, İstanbul.

Turgut, A. (2023). Malatya yöresinde üretilen agregaların fiziko-mekanik özelliklerinin beton dayanımına etkilerinin belirlenmesi, Yüksek lisans tezi, İnönü Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Malatya, 111s.

## THE ROLE OF SEISMIC MITIGATION SYSTEMS DURING EARTHQUAKES

**Doç. Dr. Elif Çağda KANDEMİR**

İzmir Demokrasi Üniversitesi, elifcagda.kandemir@idu.edu.tr - 0000-0002-9190-7120

### ABSTRACT

Seismic protection of the civil structures is of great importance due to safety of life and property. Technical developments in seismic engineering significantly improve the durability and resistance of structures against unexpected seismic vibrations. Unlike strengthening the structural capacity with the conventional methods such as increment of rebars and relatively cross-sectional area of concrete, the additional devices implemented on critical sections of the structures provide advanced protection against earthquake waves. These advancements include innovations in base isolation and energy dissipation systems, all aimed at minimizing damage during earthquakes by applying various activation principle. Over time, these techniques have been rigorously tested and validated through multiple seismic events, demonstrating their effectiveness and underscoring their necessity in earthquake-prone regions. In Turkey, the most devastating earthquake sequences of 2023 Kahramanmaraş earthquakes provided further evidence of the critical role of base isolation in seismic engineering. The hospital type structures equipped with base isolation systems have experienced devastating earthquakes without a major damage, which leads to continuation of operation during and after earthquakes. On the other hand, the widespread structural failures observed during the disaster highlighted the importance of implementing advanced seismic protection measures in both new and existing buildings. The event reinforced the urgency of adopting modern engineering practices to enhance structural resilience and mitigate the catastrophic consequences of future earthquakes.

**Anahtar Kelimeler:** structural seismic engineering, base isolation, energy dissipation devices, implementation failures.

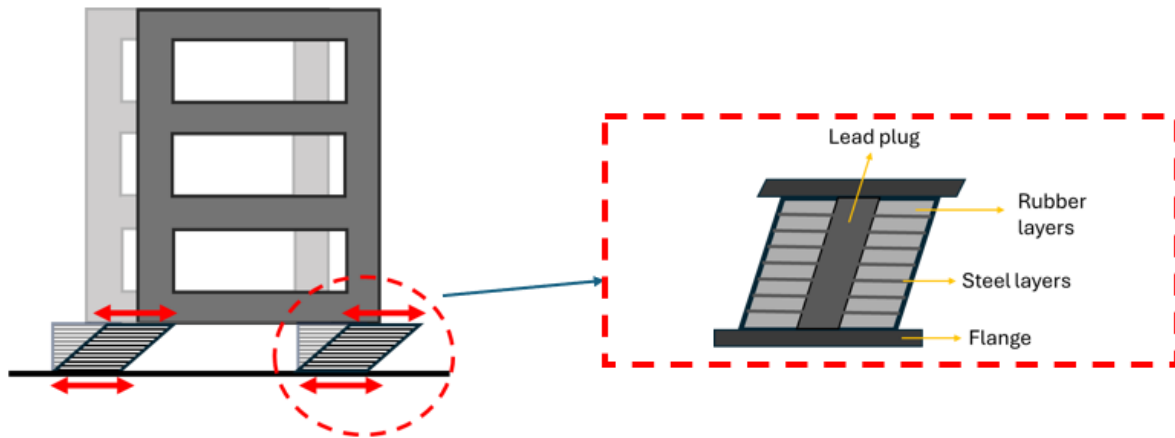
## 1. INTRODUCTION

Seismic resistance of structures relies on the structure itself for conventional structures; however, seismic mitigation systems are effective in restraining seismic forces transmitted to the structures. These systems prevent excessive displacements of the structure. Various systems with different mechanisms are commonly used to reduce the effects of earthquake vibrations. They may have various properties in terms of shape, the force produced and working principle. In this paper, the base isolation and viscous dampers as passive energy dissipation devices are scrutinized. Base isolation is a seismic protection technique that reduces earthquake forces transmitted to a structure by placing flexible bearings between the building and its foundation. This system allows the structure to move independently of ground motion, minimizing damage and enhancing safety. Passive energy dissipation systems reduce seismic energy by absorbing and dissipating vibrations through devices such as dampers and braces. These systems enhance structural stability without requiring external power, improving a building's resilience against earthquakes. The comparative analysis of these systems shows that the structure's dynamic requirements and expected performance are of great importance in the selection of an appropriate seismic protection strategy.

## 2. SEISMIC ENERGY ISOLATION AND DISSIPATION DEVICES

### 2.1. Seismic Isolation Systems

Seismic isolation systems are effective to prevent seismic vibrations transmitting to the superstructure. They isolate the superstructure from ground so that ground motion waves do not reach to the structure. These devices are capable of carrying the entire superstructure while displacing horizontally as the earthquake occurs. Figure 1 shows the illustration of the seismically isolated structure at the base. When necessary, interstory applications are available to provide required earthquake resistance.



**Figure 1. Seismic isolation system**

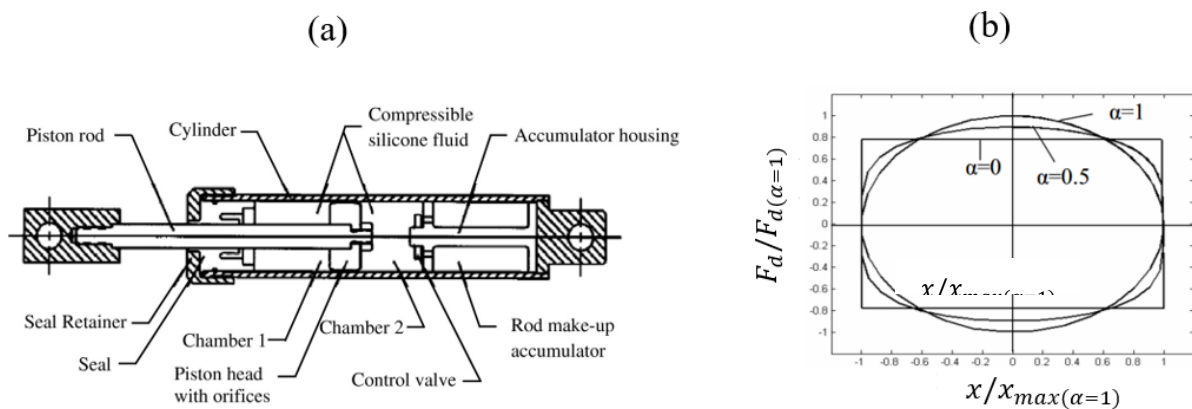
Base isolation is not suitable for all structures and may be ineffective in certain cases. Low-rise, rigid buildings with short natural periods may not benefit significantly from base isolation, as they are already less susceptible to seismic forces. Similarly, structures built on soft or weak soil, such as liquefiable or highly compressible ground, may experience excessive settlements or unpredictable movements, reducing the effectiveness of the isolation system. Buildings subjected to large lateral loads from wind, waves, or other environmental factors may also face excessive displacements, making base isolation impractical. Additionally, tall and slender buildings, which naturally have long fundamental periods, may experience excessive lateral drift if base isolation is applied, potentially leading to instability.

## 2.2. Seismic Energy Dissipation Devices

In the cases where the base isolation systems are not effective, energy dissipation devices may be a more suitable alternative. Dampers, such as viscous, friction, or tuned mass dampers, can effectively absorb and dissipate seismic energy without causing excessive displacements. For buildings on soft soil, foundation improvements combined with damping systems can provide better performance than base isolation alone. In high-rise structures, supplemental damping can help control sway and enhance occupant comfort during both seismic events and strong winds. Similarly, for low-rise rigid buildings, strategically placed dampers can improve energy dissipation without significantly altering the structural behavior. By selecting the appropriate seismic protection system based on the building's characteristics and site conditions, structural performance and safety can be optimized.

Viscous dampers, viscoelastic dampers, viscous walls and tuned mass-liquid dampers are effective in reducing interstory displacements occurred during strong earthquakes. Their principle to resist ground motions differ, however, the aim is similar for each device. As an example of viscous damper has been presented herein. Equation 1 gives the force produced by viscous dampers. The force is proportional to structural velocity response and the exponent of velocity ( $\alpha$ ) takes values between 0 and 1 [1]. For linear damper, it takes 1, and for nonlinear dampers it takes lower than 1. The nonlinear dampers are protective under extreme structural response such as high velocity. Figure 2(a) shows the typical illustration of viscous dampers and Figure 2(b) presents the viscous damper force across varied velocity exponents.

$$F_d = cd(\alpha)|\dot{x}|^\alpha \text{sgn}(\dot{x}) \quad (1)$$



**Figure 2.** (a) Schematic view ([2]) and (b) force-displacement relation of friction, linear and nonlinear viscous damper.

### 3. CONCLUSIONS

Isolators and dampers should be placed at appropriate locations considering the dynamic characteristics of the structure, as improper positioning may reduce the expected performance. The selected isolators or dampers must have sufficient capacity to accommodate the structure's weight, stiffness, and potential loads such as earthquakes and wind. Additionally, the chosen systems must comply with national and international building codes and standards. To prevent performance degradation over time, isolators and dampers should undergo regular maintenance and testing. Furthermore, for these systems to function effectively, the soil properties and the



structural load-bearing system must be compatible; otherwise, unexpected behaviors may occur.

## REFERENCES

- [1] Kandemir, E.C., Jankowski, R. Effect of soil on the capacity of viscous dampers between adjacent buildings, *Gradevinar*, 75, 329-342, 2023.
- [2] Symans M.D., Constantinou M.C., Passive Fluid Viscous Damping Systems for Seismic Energy Dissipation, *Journal of Earthquake Technology ISET* 35, 4, 185-206, 1998.

## **SPECTRAL ANALYSIS OF EARTHQUAKES BASED ON DIFFERENT EPICENTRAL DISTANCES**

**Doç. Dr. Elif Çağda KANDEMİR**

İzmir Demokrasi Üniversitesi, elifcagda.kandemir@idu.edu.tr - 0000-0002-9190-7120

### **ABSTRACT**

Understanding the intrinsic characteristics of an earthquake plays an important role in the design of earthquake-resistant structures. Peak acceleration, epicentral distance, energy content of the records are some of these properties. Earthquakes generate complex ground motions consisting of a wide range of frequencies. Low-frequency components (long-period motions) tend to affect tall and flexible structures, while high-frequency components (short-period motions) primarily impact short and stiff structures. The resonance between a structure's natural frequency and the dominant frequencies of an earthquake can lead to severe damage or even structural failure. Therefore, assessing the frequency content of seismic signals is critical for designing buildings and infrastructure that can withstand earthquake forces effectively. In this study earthquake records selected according to the epicentral distances are investigated based on the frequency decomposition methods: Fourier and wavelet transformations. Fourier transform is a fast process to achieve the sinusoidal components in the signal. On the other hand, wavelet transform gives frequency knowledge while maintaining time localization. The acceleration records of earthquakes have been used in the analyses. They are grouped according to their epicentral distances. Unlike Fourier transform which identifies dominant frequencies in earthquake signals lacking time resolution, the results verified that the wavelet transform captures transient changes, making it ideal for analyzing seismic wave evolution, detecting wave arrivals and assessing structural responses.

**Anahtar Kelimeler:** earthquake acceleration, frequency components, Fourier transform, Wavelet transform, epicentral distance.

### **1. INTRODUCTION**

Understanding earthquake characteristics is crucial for designing earthquake-resistant structures. Key factors such as peak acceleration, epicentral distance, and frequency content influence structural response, with low-frequency motions affecting tall structures and high-frequency

motions impacting shorter ones. This study analyzes earthquake records based on epicentral distance using Fourier and wavelet transforms. While Fourier transform efficiently identifies dominant frequencies, wavelet transform provides both frequency and time localization, making it ideal for detecting transient changes, wave arrivals, and structural responses. The results confirm that wavelet analysis offers a more comprehensive assessment of seismic wave evolution.

## 2. METHODS

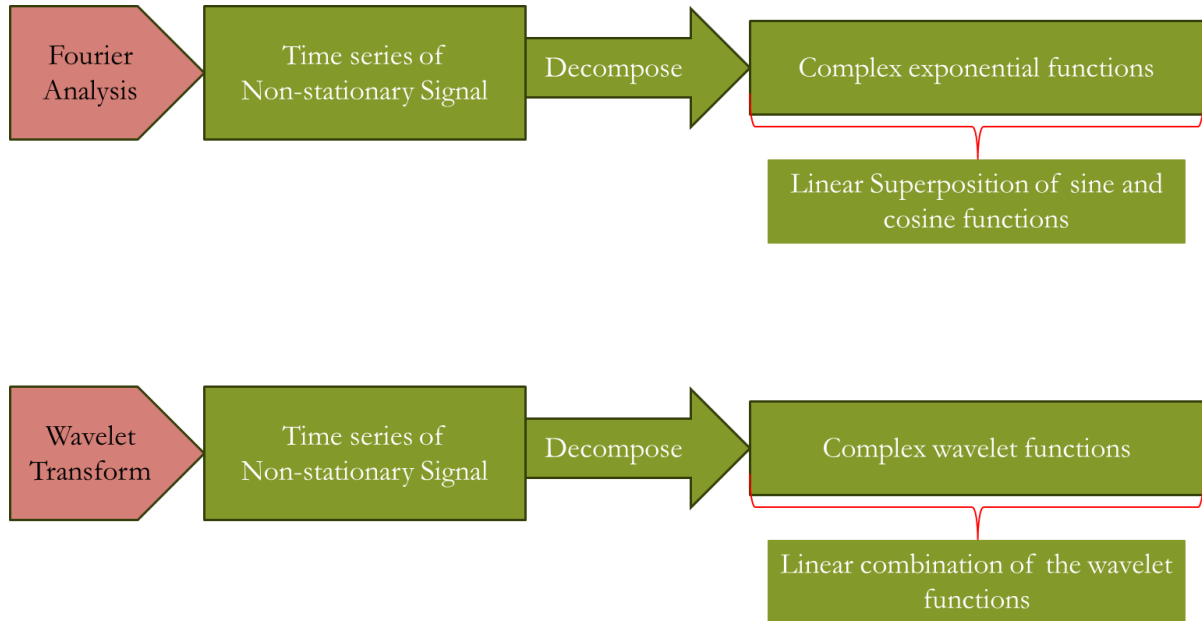
Two frequency decomposition, Fourier and wavelet transforms, have been used in this study. The comparison of two methods is illustrated in detail in Figure 1.

### 2.1. Fourier Spectrum

Fourier transform decomposes sinusoidal waves in the signal. Amplitude and frequency information is obtained through the Fast Fourier Transform (fft). The largest amplitude shows the predominant frequency of the signal.

### 2.2. Discrete Wavelet Transform

Wavelet transform and Discrete Wavelet Transform (DWT) are tools used in signal processing. They break down signals into different frequency components, revealing details at different scales. DWT, a specific implementation, decomposes signals into coarse and fine details across multiple levels. It's used for tasks like compression, denoising, and feature extraction in various fields due to its efficiency and ability to handle non-stationary signals.

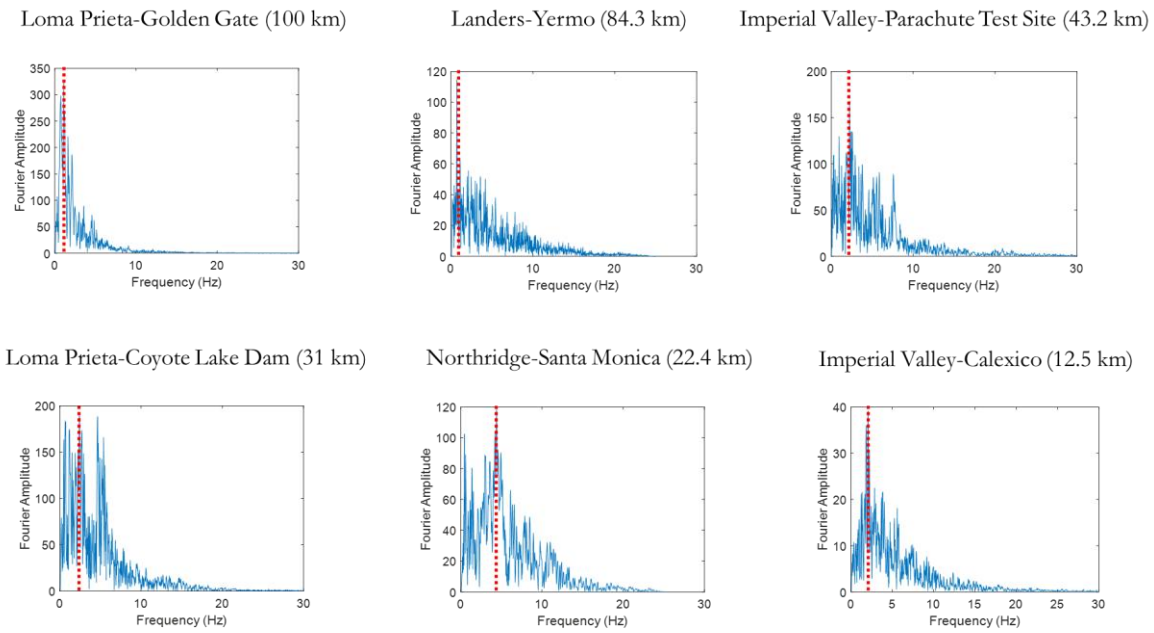


**Figure 1. Comparison of Fourier and wavelet transforms**

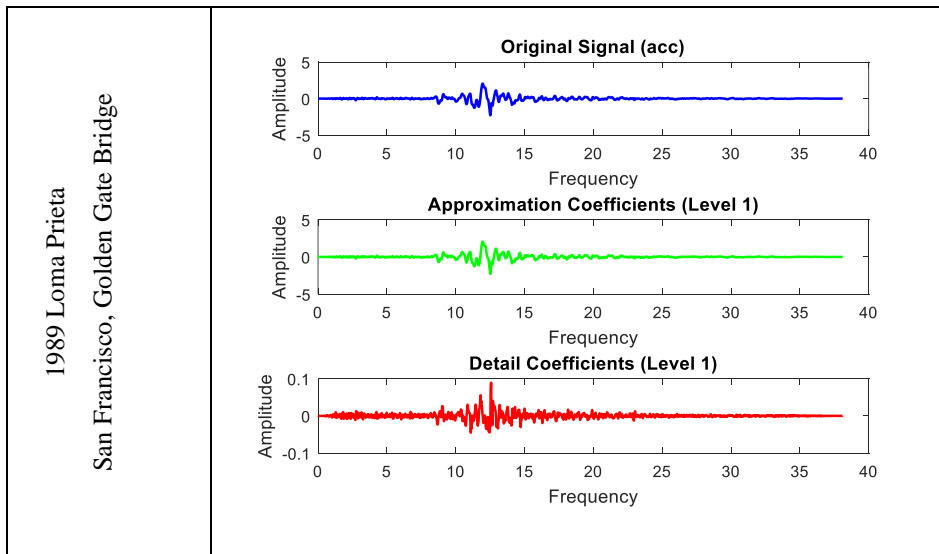
### 3. RESULTS

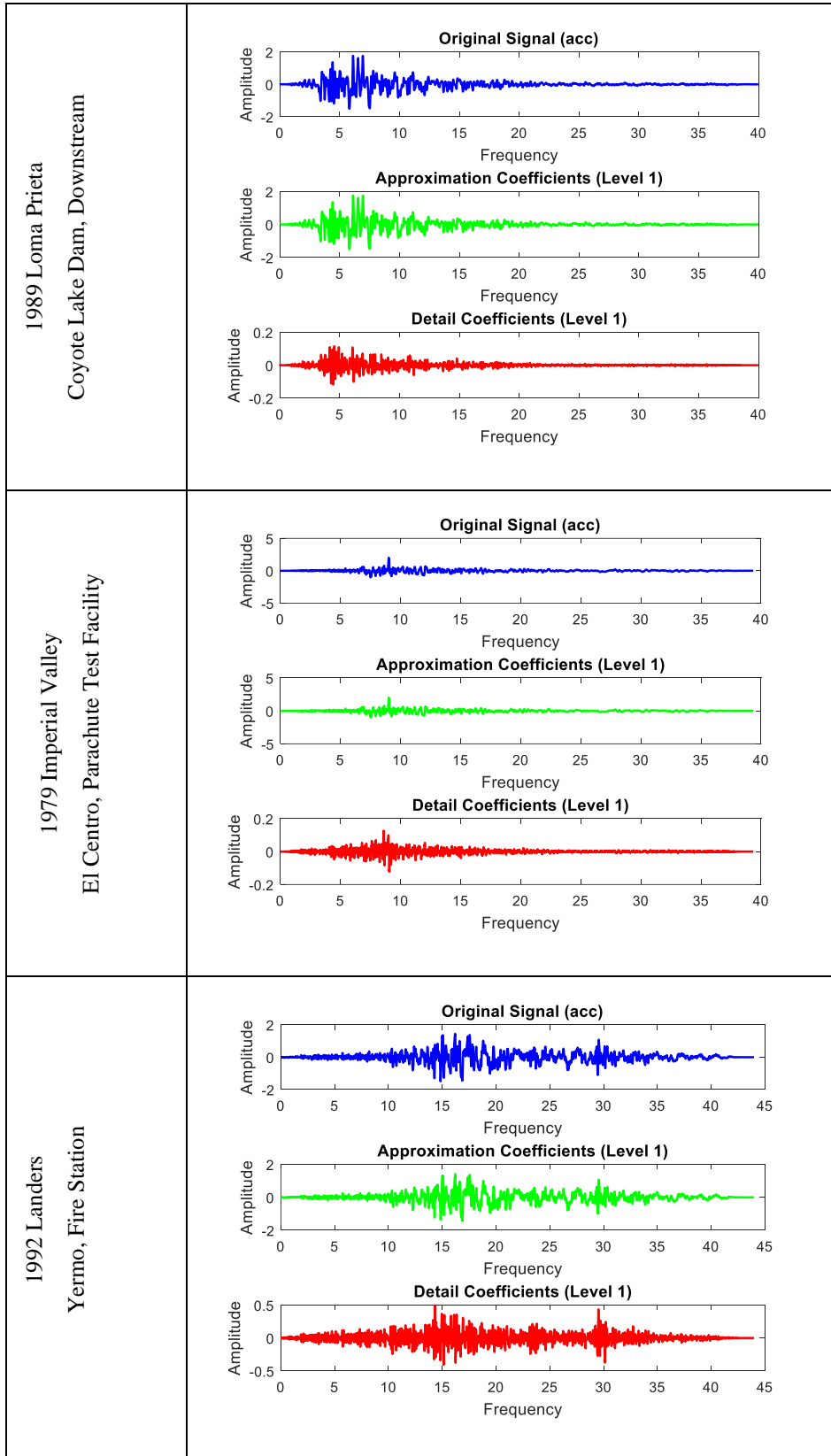
In this study, six earthquake accelerations recorded from different soil types and epicentral distances have been utilized as listed in Table 1. Each has been analyzed by both Fourier transform and discrete wavelet transform. Fast Fourier transform has been used to derive the frequency characteristics of the signals and point out the dominant frequencies as shown in Figure 1. Besides, all signals have been identified by discrete wavelet up to level 1 as given in Figure 2. Haar wavelet has been used as mother wavelet due to its suitability for earthquake accelerations.

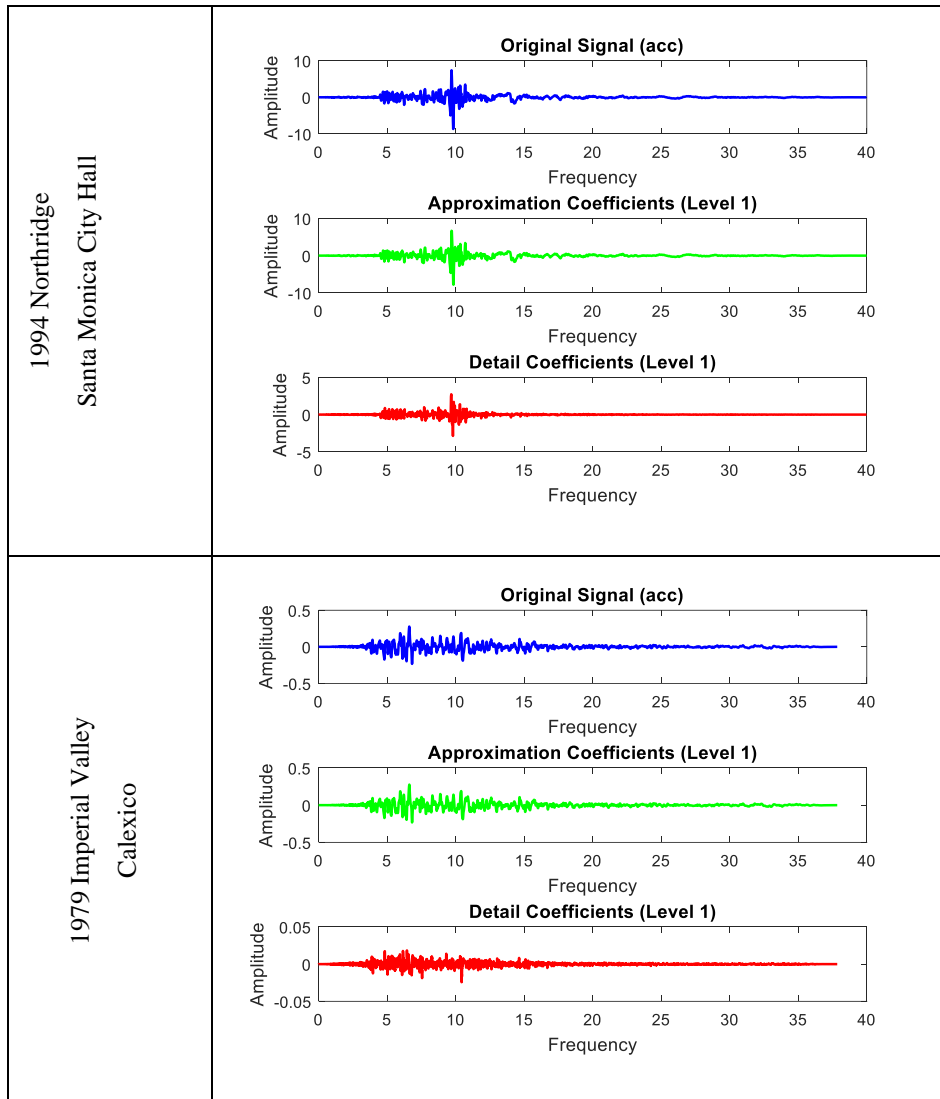
Earthquake	Station	Component	Magnitude (Mw)	PGA (cm/s <sup>2</sup> )	Epicentral distance (km) [Ref.]	NEHRP Site Class
1989 Loma Prieta	San Francisco, Golden Gate Bridge	270	7.1	228.6	100.0 [48]	B
1989 Loma Prieta	Coyote Lake Dam, Downstream	285	7.1	175.6	31.0 [48]	B
1979 Imperial Valley	El Centro, Parachute Test Facility	315	6.8	220.2	43.2 [49]	C
1992 Landers	Yermo, Fire Station	0	7.5	167.8	84.3 [49]	C
1994 Northridge	Santa Monica City Hall	90	6.8	866.2	22.4 [49]	D
1979 Imperial Valley	Calexico	225	6.6	269.6	12.5 [49]	D



**Figure 1. Fourier spectrums of selected ground motions**







**Figure 2. Wavelet transforms of earthquakes decomposed up to first level**

#### 4. CONCLUSIONS

Based on the results obtained from the Fourier Transform analysis, the predominant frequency of the seismic records becomes more distinct in the data collected from regions with higher epicentral distances. This suggests that the further the seismic station is from the epicenter, the clearer the dominant frequency appears, possibly due to the attenuation of higher frequencies as the seismic waves travel over greater distances.

In contrast, records from stations closer to the epicenter tend to show a broader range of frequencies, making the predominant frequency less pronounced.

DWT offers a time-frequency representation, allowing for a clearer understanding of how the frequency content varies over time. The wavelet transform highlights specific temporal

variations in the seismic signal, revealing how different frequency components evolve as the wave propagates. This analysis may show that, for records from stations further from the epicenter, the lower-frequency components dominate over time, while closer stations may exhibit more varied frequency behavior, with high-frequency components decaying more quickly.

## REFERENCES

- [1] Mallat, S.G., A theory for multiresolution signal decomposition: the wavelet representation, *IEEE Trans Pattern Anal Mach Intell.* 1989;11:674–93.
- [2] Mallat, S.G., *A wavelet tour of signal processing*, Elsevier, 1999.
- [3] Daubechies, I., The wavelet transform, time-frequency localization and signal analysis, *IEEE Trans Inf Theory*, 1990;36:961–1005.





## **New structures about t-norms and t-conorms on bounded lattices**

**YL Öğrencisi, Ayşe OKTAN**

Mersin Üniversitesi, ayseisikhayatadair@gmail.com – 0000 0002 4463 5089

**Doç. Dr. Naime DEMİRTAŞ**

Mersin Üniversitesi, naimedemirtas@mersin.edu.tr – 0000 0003 4137 4810

### **ABSTRACT**

In this study, we construct some important structures about triangular norms and triangular conorms on any bounded lattices. We give some conclusions for triangular norms and triangular conorms by supporting them with examples.

**Keywords :** Triangular norm, Triangular conorm, Bounded lattice

**FARKLI KIYASLAMA FONKSİYONLARI İÇİN GÜNCEL METASEZGİSEL  
ALGORİTMALARIN PERFORMANS DEĞERLENDİRMESİ**  
**PERFORMANCE EVALUATION OF CURRENT METAHEURISTIC  
ALGORITHMS FOR DIFFERENT BENCHMARK FUNCTIONS**

**İSMAİL ÖNER**

Fırat Üniversitesi, 241129116@firat.edu.tr, 0009-0004-2741-7057

**Dr.Öğr.Üyesi, FEYZA ALTUNBEY ÖZBAY**

Fırat Üniversitesi, faltunbey@firat.edu.tr, 0000-0003-0629-6888

**Dr.Öğr.Üyesi, ERDAL ÖZBAY**

Fırat Üniversitesi, erdalozbay@firat.edu.tr, 0000-0002-9004-4802

**ÖZET**

Optimizasyon, problemlerin çözümü için kullanılan çeşitli yollardan mümkün olan en uygun çözümün bulunması işlemidir. Optimizasyon işlemi için farklı yöntemler ve algoritmalar geliştirilmiştir. Sürü zekasına dayalı optimizasyon algoritmaları (SZDOA) optimizasyon işlemleri için kullanılan algoritmalarındandır. SZDOA doğadaki sürü halinde yaşayan canlıların davranışlarından, hareketlerinden ve sorunlara ürettikleri çözümlerden ilham alarak problemlere yönelik en uygun çözümlerin bulunabilmesine olanak sağlar. Optimizasyon işlemlerinin gerçekleştirilmesi için önerilmiş birçok SZDOA bulunmaktadır. Bu algoritmalar arasından son zamanlarda ileri sürülmüş Bayağı Deniz Papağanı Optimizasyon Algoritması (BDPOA), Papağan Optimizasyon Algoritması (POA), Fırfırlı Kertenkele Optimizasyon Algoritması (FKOA) ve Su Aygırı Optimizasyon Algoritması (SAOA), optimizasyon algoritmaları performans açısından karşılaştırılmak üzere seçilmiştir. Seçilen bu algoritmalar 6 farklı test fonksiyonu için aynı popülasyon ve tekrar sayıları kullanılarak test edilmiş ve sonuçlar elde edilmiştir. Elde edilen bu sonuçlar her bir algoritma ve test edildiği fonksiyon için gösterilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Sürü Zekâsı, Optimizasyon Algoritmaları, Performans Karşılaştırması.

**ABSTRACT**

Optimization is a process which selecting the best solution among all of other possible solutions. Many algorithms and methods developed for optimization. Swarm based optimization algorithms (SBOA) one of the many algorithms for using optimization. The SBOA enables the identification of the most suitable solutions to problems by drawing inspiration from the behaviors, movements, and solutions produced by living beings that dwell

in herds in nature. There are many SBOA for optimization. Among these algorithms, the recently proposed Arctic Puffin Optimization Algorithm (APOA), Parrot Optimization Algorithm (POA), Frilled Lizard Optimization Algorithm (FLOA) and Hippopotamus Optimization Algorithm (HOA) were selected to be compared in term of performance. These selected algorithms were tested using the same population and iteration numbers for 6 different test functions. The results are shown for each algorithm and the function it was tested on.

**Keywords:** Swarm Based, Optimization Algorithms, Performance Comparison.

## 1. GİRİŞ

Optimizasyon, problemlerin çözüme kavuşturulması için sunulan seçeneklerden en ideal olan seçeneğe ulaşma işlemidir. Günümüzde optimizasyon işlemi mühendislik ve birçok farklı alanda problemlerin optimal çözümünün bulunmasında kullanılmaktadır. Bu problemlerin doğası, üretim, kaynak tahsisi, yol planlama, finansal portföy optimizasyonu ve diğerleri dahil olmak üzere geniş bir yelpazedeki alanı kapsamaktadır. Ayrıca birden fazla karar değişkeni, çok sayıda kısıtlama ve çeşitli hedef işlevleri içermektedir. Kaynak kısıtlılığı, maliyet kontrolü ve verimlilik gereksinimleri gibi gerçek dünya kısıtlamaları karşısında, optimum çözümler bulmak acil bir zorunluluk haline gelmiştir. Geleneksel matematiksel optimizasyon yöntemleri, belirli durumlarda iyi performans göstermesine rağmen, karmaşık, yüksek boyutlu, doğrusal olmayan ve çok modlu problemlerle uğraşırken sıklıkla sınırlamalar sergilemektedir. Yerel optimumlar, yavaş yakınsama oranları, parametre ayarlama zorluğu, yüksek boyutlu problemler ve hesaplama maliyetleri gibi konular, optimizasyon alanındaki araştırmacılar ve uygulayıcılar için kalıcı zorluklar oluşturmaktadır. Bu nedenle, araştırmacılar bu zorlukları ele almak için yeni yöntemler ve teknolojiler aramaktadır. Bu bağlamda, metasezgisel algoritmalar ortaya çıkmıştır [1]. Bu algoritmalar, doğada bulunan evrim, sürü zekâsı ve benzetilmiş tavlama gibi süreçleri simüle ederek sağlamlık ve küresel arama yetenekleri sergilemektedir ve bunun sonucunda çeşitli pratik uygulamalarda yaygın bir popülerlik kazanmıştır [2].

Metasezgisel algoritmaların keşif ve sömürü olmak üzere iki temel aşaması bulunmaktadır ve algoritmalar optimal sonuca ulaşmak için bu aşamalar arasındaki dengeyi sağlamaya çalışırlar [3]. Keşif aşaması, bir optimizasyon algoritmasının tüm çözüm alanını arama ve umut vadeden alanları keşfetme yeteneğidir. Sömürü aşaması ise bir optimizasyon algoritmasının yakın-optimal çözümler etrafında arama yapma yeteneğidir. Metasezgisel algoritmalar fizik tabanlı, sürü tabanlı, evrimsel tabanlı ve biyoloji tabanlı olmak üzere 4 gruba ayrılabilir. Fiziksel yasaları ve olgularının matematiksel modellenmesi fizik tabanlı algoritmaların geliştirilmesinde etkili olmuştur. Evrimsel tabanlı algoritmalar doğal seçim teorisi ve biyolojik evrim simülasyonlardan esinlenerek önerilmiştir. Biyolojik ilhamlı metasezgisel teknikler, yeni ve güçlü rekabet eden algoritmalar yaratmak amacıyla temel fikrini biyolojik evrimden alan yaklaşımlardır. Sürü zekasına dayalı algoritmalar (SZDOA) ise doğada sürü halinde bulunan canlıların yiyecek arayışı, avlanma, üreme gibi çeşitli davranışlar ve doğada karşılaştıkları problemlere karşı izledikleri yollardan ilham alarak problemlerin çözümü için optimal sonucun bulunmasına olanak sağlamaktadır. Son yıllarda optimizasyon problemlerinin çözümü için önerilmiş birçok SZDOA bulunmaktadır. Bu kategorideki son zamanlarda önerilmiş algoritmalarından bazıları: Parçacık Sürüsü Optimizasyonu [4], Karınca Koloni Algoritması [5] ve Yapay Arı Koloni Algoritmasıdır [6].

Bu çalışmada literatürde son zamanlarda önerilen bayağı deniz papağanlarının keşif, uçuş ve avlanmak için su altındaki davranışlarından ilham alarak keşif ve sömürü aşamaları arasındaki dengeyi sağlamaya çalışan Bayağı Deniz Papağanı Optimizasyon Algoritması (BDPOA) [7], fırfırlı kertenkelelerin avlanma ve beslendikten sonra ağaca çıkmalarından ilham alan Fırfırlı Kertenkele Optimizasyon Algoritması (FKOA) [8], yeşil yanaklı perkit papağanlarının beslenme, duruş, iletişim ve yabancılara karşı duyulan korku gibi davranışlarından ilham alan Papağan Optimizasyon Algoritması (POA) [9] ve su aygırlarının nehir ve göletlerdeki konumlanmaları, avcılara karşı kullandıkları savunma taktikleri ve avcılardan kaçınmak için kullandıkları taktiklerden ilham alan Su Aygırı Optimizasyon Algoritması (SAOA) [10] farklı tipteki kıyaslama işlevleri üzerindeki performansları değerlendirilmiştir.

Çalışmanın ikinci bölümünde BDPOA, POA, FKOA ve SAOA hakkında bilgiler verilmiştir. Üçüncü bölümde kullanılan karşılaştırma fonksiyonları hakkında bilgiler sunulmuştur. Dördüncü bölümde dört SZDOA için kıyaslama fonksiyonları üzerinde gerçekleştirilen testlere ait deney sonuçları verilmiş ve son bölümde çalışma sonlandırılmıştır.

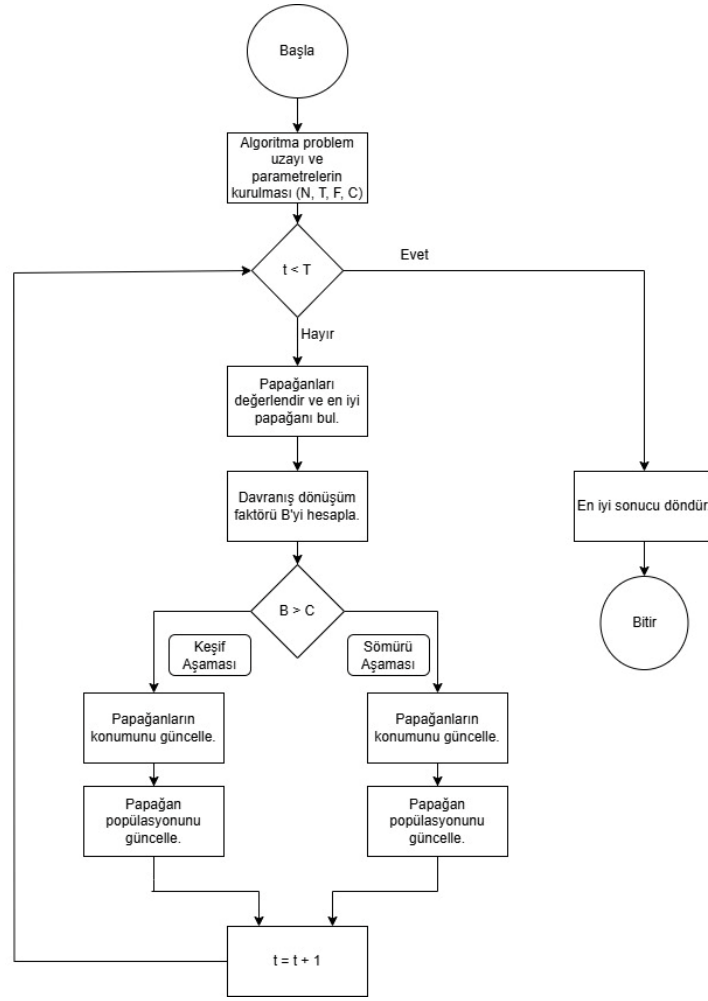
## 2. METASEZGİSEL ALGORİTMALAR

Bu bölüm kapsamında BDPOA, POA, FKOA ve SAOA algoritmaları ve ilham kaynakları hakkında bilgiler incelenmiştir.

### 2.1. Bayağı Deniz Papağanı Optimizasyon Algoritması

BDPOA kuzey kutbu yakınlarına özel bir tür olan bayağı deniz papağanlarının uçuş formasyonu ve avlanma davranışlarından ilham alarak geliştirilmiştir. Deniz papağanları uçuşlarını formasyonlar ve gruplar halinde yaparlar, bu sayede hem uçuşlarının hem de av sırasında yapacakları iş birlikleri için daha etkili bir zemin hazırlamış olurlar. Uçuş sırasında denizde fark ettikleri büyük balık gruplarına doğru uçuşlarını yönlendirmekte ve dalış stratejileri ile avlanmaktadırlar. Balıkları gruplar halinde su yüzeyinde toplayarak ve birbirlerinin davranışlarını takip ederek avlanmalarını daha efektif hale getirmektedirler. Su içerisinde daha fazla av bulabilmek için sürekli olarak pozisyonlarını değiştirirler, herhangi bir tehlike algıladıklarında tekrar pozisyon olarak türdeşlerini mevcut tehlike için uyardırlar. Bayağı deniz papağanlarının bu davranışları her iterasyon için rastgele değişmektedir. BDPOA bu davranışlardan ilham alarak optimizasyon işlemini gerçekleştirmek amacıyla önerilmiştir [7].

Görsel 1’de BDPOA’nın akış diyagramı verilmiştir. Dönüşüm faktörü yardımıyla keşif aşaması ve sömürü aşaması belirlenmektedir. Matematiksel formüller uygulanarak iki aşama için de papağanların konum bilgisi ve popülasyon bilgisi güncellenmektedir [7].

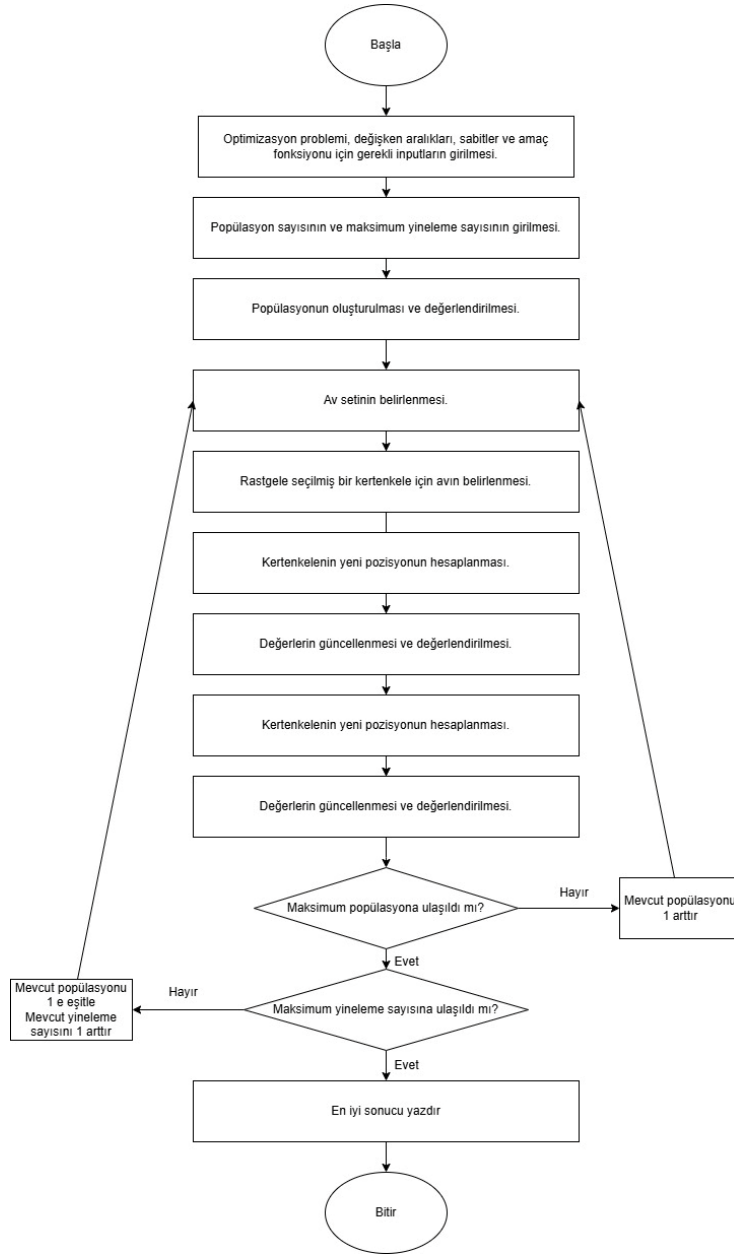


**Görsel 1. BDPOA akış diyagramı**

## 2.2. Fırfırlı Kertenkele Optimizasyon Algoritması

Fırfırlı kertenkeleler böcekler ve diğer omurgasızların yanı sıra nadiren de olsa omurgalı hayvanlarla beslenmektedirler. Fırfırlı kertenkeleler türlerinde belirgin olarak görülen otur ve bekle stratejisiyle herhangi bir ava rastlayana kadar bekler ve avlarını gördüklerinde ise onları hızlı hareketlerle avlarlar. Günün çoğunluğunu ağaçlarda geçiren bu hayvanlar avlandıktan sonra tekrar ağaçlara dönmektedir. FKOAO fırfırlı kertenkelelerin bu davranışında ilham olarak optimizasyon problemlerinin çözümü için önerilmiştir [8].

FKOAO'da kertenkelelerin konumları keşif ve sömürü aşamaları için Görsel 2'de verilen algoritmik yapıyı takip ederek ve gerekli matematiksel formüllerin uygulanmasıyla güncellenmektedir. İşlemler belirlenen popülasyon sayısında ve belirlenen yineleme miktarı kadar tekrar ederek en uygun sonuca ulaşmaya çalışmaktadır [8].

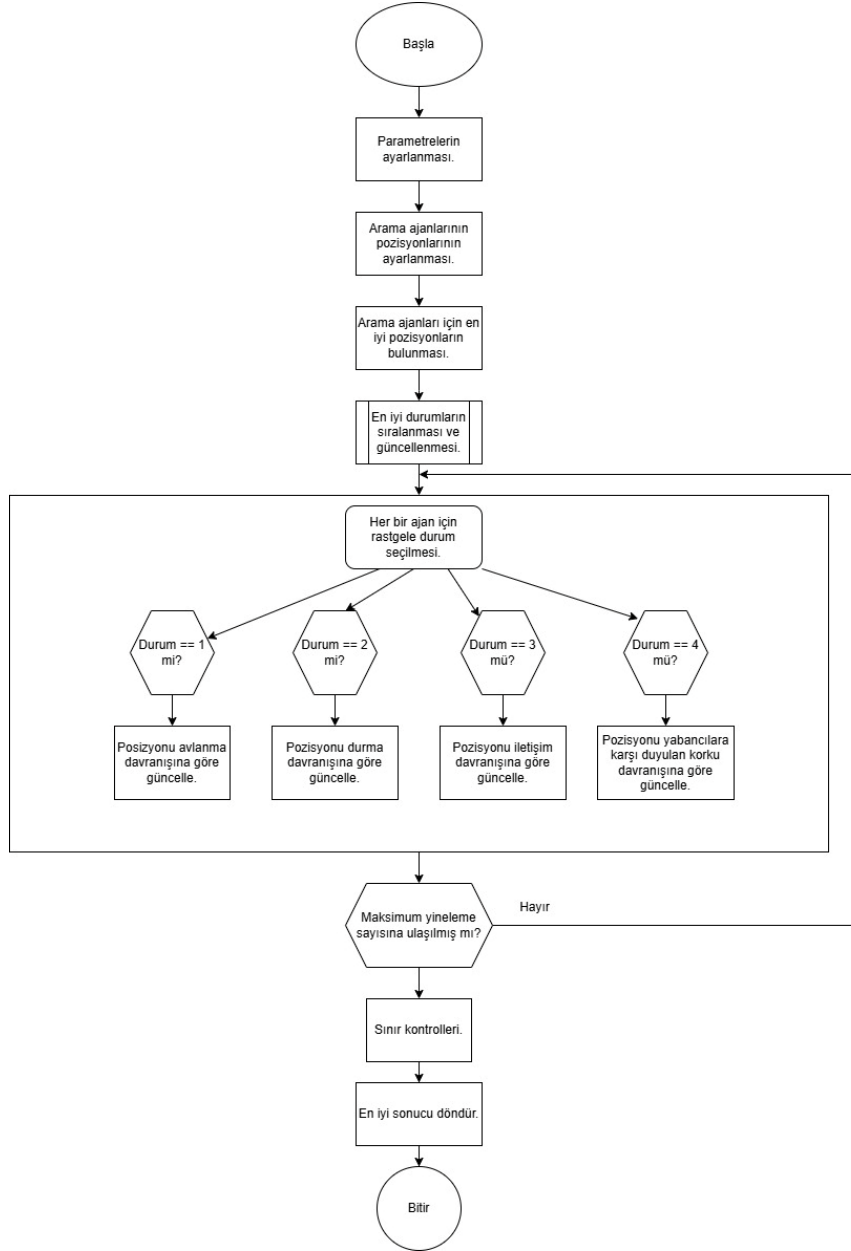


**Görsel 2. FKO akış diyagramı**

### 2.3. Papağan Optimizasyon Algoritması

Yeşil yanaklı perkitler ilgi çekici özellikleri sebebiyle evcil hayvan olarak tercih edilen ve sahipleriyle sıkı bağları olan bir türdür. Yeşil yanaklı perkitler üzerinde yapılan araştırmalar sonucunda bu türün avlanma, sabit duruş, iletişim ve yabancılara karşı duyulan korku olmak üzere dört adet özelliği sergilediği görülmüştür. Yeşil yanaklı perkitler küçük gruplar halinde yiyeceklerin bol bulunduğu yerlerde avlanırlar, sahiplerinin konumu ve grupların varlığından faydalanarak yiyeceklere doğru hareket ederler ve görsel ipuçlarını ve kokuları kullanarak avlanma yeteneklerini desteklerler. Rastgele olarak sahiplerinin belirli bölgelerine konarak durma davranışı gösterirler. Kendilerine özgü bir iletişim çağrısı aracılığıyla türdeşleriyle sosyal iletişime girer ve bilgi paylaşımı sağlarlar. Kuşlar arasında da yaygın bir davranış olan

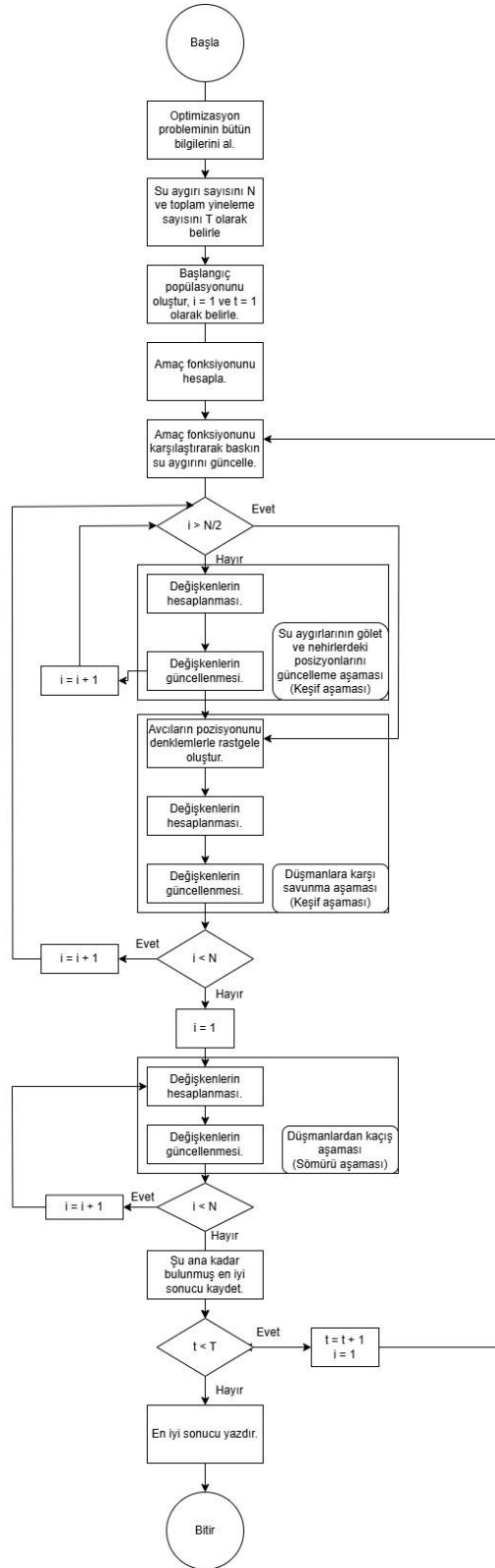
yabancılara karşı duyulan korku yeşil yanaklı perkitlerin yabancılar karşısında daha güvenli bir yer bulmak amacıyla sahiplerine doğru yönlendirmelerine sebep olmaktadır [9].



**Görsel 3. POA akış diyagramı**

Algoritma görsel 3'te görüldüğü gibi değerlerin ayarlanması ve gerekli arama ajanlarının ayarlanmasından sonra yeşil yanaklı perkitlerin gösterdiği davranışlardan rastgele bir tanesinin her bir ajan için seçilmesiyle ajanın mevcut pozisyonu güncellenir ve bu işlem istenen yineleme sayısına ulaşana kadar devam eder ve istenen yineleme sayısına ulaşıldıktan sonra en iyi sonuç döndürülür.

#### 2.4. Su Aygırı Optimizasyon Algoritması



**Görsel 4. SAOA akış diyagramı**

SAOA su aygırlarının öne çıkan üç davranışından ilham almaktadır. Su aygırı sürüleri dışı, yavru, erkek ve sürünün lideri olan baskın erkek su aygırlarından oluşmaktadır. Yavrular ve gençler merak ve sürüden ayrılmaya olan eğilimleri sebebiyle sürüden ayrı kalabilmekte ve avcılar için uygun bir av haline gelebilmektedir. Su aygırları herhangi bir av tarafından tehdit



edildiklerini hissettiklerinde avcılarının etrafında çemberler çizerek ve güçlü çene yapıları ve seslerini kullanarak düşmanı korkutmaya çalışmaktadır, avcılar ise bu özelliklerinden sebep onlarla direk temasa girmekten kaçınmaktadır. Su aygırları içgüdüsel olarak potansiyel tehlike alanlarından uzaklaşmaya ve bazı şartlar altında ise aslan ve sırtlan gibi sudan kaçınan avcılardan kaçınmak için göl ve nehirlerle doğru yol almaktadır [10].

SAOA görsel 4'te gösterilen akış şemasındaki algoritmik mantık çerçevesinde, matematiksel denklemler kullanarak problem değişkenleri üzerinde güncellemeler yaparak en uygun değeri bulmaya odaklanmaktadır.

### 3. DENEYSEL SONUÇLAR

Bu bölümde Bayağı Deniz Papağanı Optimizasyon Algoritması (BDPOA) [7], Fırfırlı Kertenkele Optimizasyon Algoritması (FKOA) [8], Papağan Optimizasyon Algoritması (POA) [9] ve Su Aygırı Optimizasyon Algoritması (SAOA) [10] farklı tipteki kıyaslama işlevleri için elde ettikleri sonuçlar verilmiştir. Tüm deneyler Matlab R2023A ile gerçekleştirilmiştir. Algoritmaların performansını test etmek için kullanılan kıyaslama işlevleri hakkında bilgiler Çizelge 1'de verilmiştir. Bu fonksiyonlardan F1 ve F5 fonksiyonları tek modlu, F9 ve F12 fonksiyonlar çok modlu ve F14 ve F17 fonksiyonları ise sabit boyutlu çok modlu fonksiyonlardır.

BDPOA, FKOA, POA ve SAAO bu kıyaslama işlevleri için çalıştırılırken popülasyon sayısı 50 ve maksimum iterasyon sayısı 1000 olarak belirlenmiş ve her algoritma 20 kez çalıştırılmıştır. Deneyler sırasında bu dört algoritmanın kendine özgü parametreleri ve değerleri Çizelge 2'de verilmiştir.

**Çizelge 1. Kıyaslama işlevleri ve matematiksel tanımları**

Fonksiyon	Formül	Arama Uzayı	Dim
F1	$\sum_{i=1}^n x_i^2$	[-100, 100]	30
F5	$\sum_{i=1}^{n-1} [100(x_{i+1} - x_i^2)^2 + (x_i - 1)^2]$	[-30, 30]	30
F9	$\sum_{i=1}^n [x_i^2 - 10 \cos(2\pi x_i) + 10]$	[-5.12, 5.12]	30
F12	$\frac{\pi}{n} \left\{ 10 \sin(\pi y_1) + \sum_{i=1}^{n-1} (y_i - 1)^2 [1 + 10 \sin^2(\pi y_{i+1})] + (y_n - 1)^2 \right\} + \sum_{i=1}^n u(x_i, 10, 100, 4), y_i$ $= 1 + \frac{x_i + 1}{4} u(x_i, a, k, m)$ $= \begin{cases} k(x_i - a)^m & x_i > a \\ 0 & -a < x_i < a \\ k(-x_i - a)^m & x_i < -a \end{cases}$	[-50, 50]	30

F14	$\left( \frac{1}{500} + \sum_{j=1}^{25} \frac{1}{j + \sum_{i=1}^2 (x_i - a_{ij})^6} \right)^{-1}$	[-65, 65]	2
F17	$\left( x_2 - \frac{5.1}{4\pi^2} x_1^2 + \frac{5}{\pi} x_1 - 6 \right)^2 + 10 \left( 1 - \frac{1}{8\pi} \right) \cos x_1 + 10$	[-5, 5] <sup>2</sup>	2

**Çizelge 2. Kıyaslanan algoritmaların parametreleri**

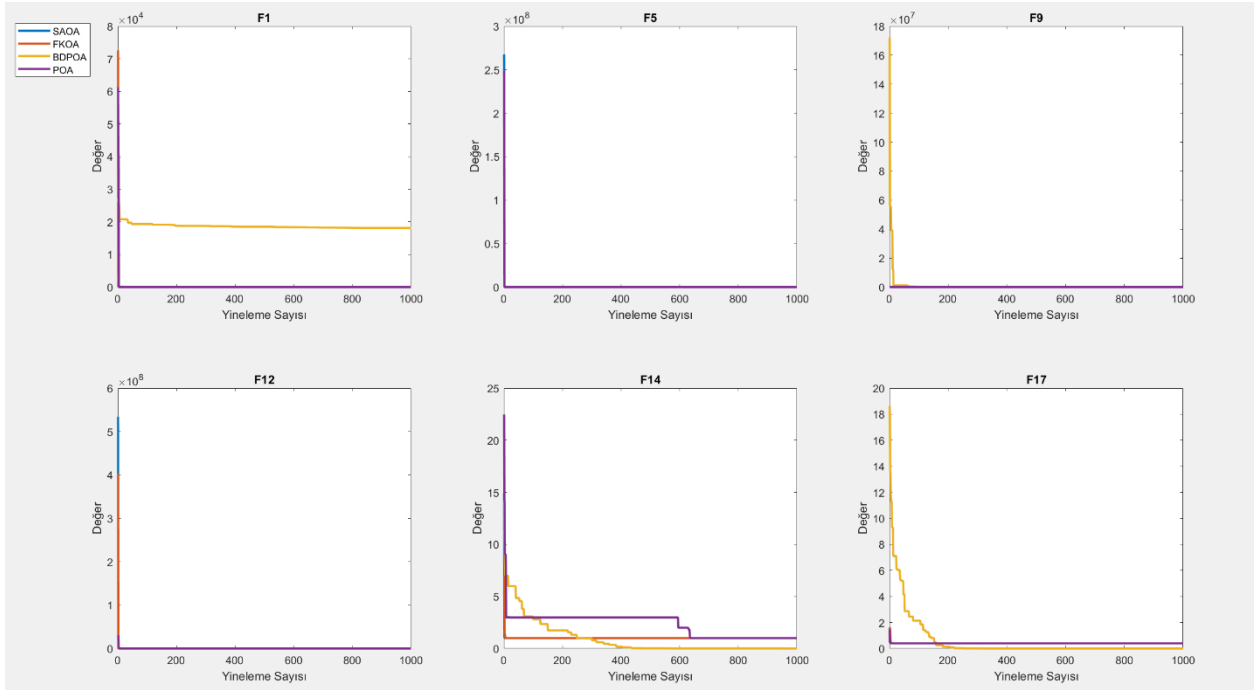
	Parametreler	Açıklamalar	Değerler
BDPOA	<i>F</i>	İş birliği faktörü	0.5
PAO	<i>P</i>	[0, 1] arası rastgele değer	[0, 1]

BDPOA, FKOA, POA ve SAOA için farklı tipteki altı kıyaslama fonksiyonu için elde edilen değerler Çizelge 3’te verilmiştir. Çizelge 3’de gösterilen minimum ve maksimum değerler 20 çalıştırma sonucunda elde edilen en küçük ve en büyük değerler ifade etmektedir. Ortalama ve Standart Sapma (Std Sapma) değerleri ise bu 20 çalıştırma sonrasında elde edilen ortalama değeri ve standart sapmayı göstermektedir.

**Çizelge 3. Algoritmaların test fonksiyonları için verdiği sonuçlar**

		BDPOA	FKOA	POA	SAOA
F1	Min	1.81E+04	0.00E+00	7.36E-09	0.00E+00
	Maks	1.83E+04	0.00E+00	7.36E-09	0.00E+00
	Ortalama	1.86E+04	7.63E+01	1.42E+02	6.81E+01
	Std Sapma	7.52E+02	2.31E+03	2.64E+03	2.13E+03
F5	Min	1.94E-03	0.00E+00	5.75E+00	1.51E-04
	Maks	9.08E-03	0.00E+00	5.75E+00	1.52E-07
	Ortalama	4.88E-02	2.52E+05	2.49E+05	2.68E+05
	Std Sapma	2.68E-01	7.87E+06	7.87E+06	8.46E+06
F9	Min	1.86E-03	0.00E+00	7.49E-05	0.00E+00
	Maks	1.17E-02	0.00E+00	7.49E-05	0.00E+00
	Ortalama	6.94E+05	4.46E-01	2.83E+00	8.14E-01
	Std Sapma	7.05E+06	1.38E+01	2.04E+01	1.56E+01
F12	Min	1.12E-10	1.57E-32	2.61E-03	1.79E-04
	Maks	9.73E-11	1.57E-32	2.61E-03	8.43E-10
	Ortalama	1.93E+00	4.04E+05	6.41E+04	5.34E+05
	Std Sapma	3.89E+00	1.28E+07	1.31E+06	1.69E+07
F14	Min	3.06E-04	9.98E-01	9.98E-01	9.98E-01
	Maks	6.82E-07	9.98E-01	9.98E-01	9.98E-01
	Ortalama	8.91E-01	1.01E+00	2.28E+00	1.01E+00
	Std Sapma	1.65E+00	2.66E-01	1.33E+00	4.40E-01
F17	Min	0.00E+00	3.98E-01	3.98E-01	3.98E-01
	Maks	0.00E+00	5.78E-01	3.98E-01	3.98E-01
	Ortalama	5.80E-01	4.01E-01	3.99E-01	3.99E-01
	Std Sapma	1.83E+00	5.91E-02	3.36E-02	3.86E-02

Çizelge 3'te verilen değerler incelendiğinde F1 fonksiyonu için FKAO ve SAOA en iyi minimum değerleri vermiştir. F5 fonksiyonunda en iyi sonucu FKOA vermiştir. F9 fonksiyonunda en iyi sonuçları FKOA ve SAOA vermiştir. F12 fonksiyonu için en iyi sonuç FKOA tarafından elde edilmiştir. F14 fonksiyonunda FKOA, POA ve SAOA tarafından elde edilen minimum değerler birbirine eşittir, ancak en iyi değer BDPOA ile elde edilmiştir. F17 fonksiyonunda en iyi sonuç BDPOA tarafından elde edilmiştir, diğer algoritmalarından elde edilen sonuçlar birbirine çok yakındır.



**Görsel 5. Algoritmaların yakınsama grafikleri**

Görsel 5'te her bir algoritma için elde edilen yakınsama grafikleri gösterilmiştir. Yakınsama grafikleri incelediğimizde F1 için BDPOA hariç diğer algoritmaların keskin bir değişimle 0'a yaklaştığı görülmüştür. F5, F9 ve F12 için algoritmaların yine keskin bir değişimle 0'a yaklaştığı görülmüştür. F14 ve F17 için algoritmaların başlangıç değerleri diğer algoritmalara göre daha düşük olup yine hızlı değişimlerle sifıra yaklaşmaktadır.

#### 4. SONUÇLAR

Bu çalışmada farklı hayvan sürülerinden esinlenerek geliştirilen son zamanlarda önerilen sürü zekasına dayalı algoritmalarından BDPOA, FKOA, POA ve SAOA'nın farklı kıyaslama fonksiyonları üzerindeki performansı değerlendirilmiştir. Elde edilen sonuçlar karşılaştırmalı olarak sunulmuş ve algoritmaların birbirlerine olan üstünlükleri belirtilmiştir.

İleriki çalışmalarda bu algoritmalarda yapılacak olan gelişimler ya da daha farklı sürülerden esinlenerek geliştirilebilecek optimizasyon algoritmalarının farklı alanlardaki optimizasyon problemlerine uygulanması hedeflenmektedir. Bu çalışmada test edilen algoritmalar ile literatürdeki farklı optimizasyon algoritmalarının hibrit versiyonları geliştirilerek farklı problemler için kullanılabilir ve daha etkili sonuçlar elde edilebilir.

## KAYNAKÇA

- [1] Khishe, M., & Mosavi, M. R. (2020). Chimp optimization algorithm. *Expert systems with applications*, 149, 113338.
- [2] Fu, Y., Liu, D., Chen, J., & He, L. (2024). Secretary bird optimization algorithm: a new metaheuristic for solving global optimization problems. *Artificial Intelligence Review*, 57(5), 123.
- [3] Özbay, F. A., & Özbay, E. Kaotik Denizati Optimizasyon Algoritması. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (44), 51-58.
- [4] Kennedy, J., & Eberhart, R. Particle swarm optimization. In *Proceedings of ICNN'95-international conference on neural networks*, 1942-1948, 1995.
- [5] Dorigo, M., Birattari, M., & Stutzle, T. Ant colony optimization. *IEEE computational intelligence magazine*, 1(4), 28-39, 2007.
- [6] Karaboga, D., & Akay, B. (2009). A comparative study of artificial bee colony algorithm. *Applied mathematics and computation*, 214(1), 108-132.
- [7] Wang, W. C., Tian, W. C., Xu, D. M., & Zang, H. F. (2024). Arctic puffin optimization: A bio-inspired metaheuristic algorithm for solving engineering design optimization. *Advances in Engineering Software*, 195, 103694.
- [8] Falahah, I. A., Al-Baik, O., Alomari, S., Bektemyssova, G., Gochhait, S., Leonova, I., ... & Dehghani, M. (2024). Frilled Lizard Optimization: A Novel Bio-Inspired Optimizer for Solving Engineering Applications. *Computers, Materials & Continua*, 79(3).
- [9] Lian, J., Hui, G., Ma, L., Zhu, T., Wu, X., Heidari, A. A., ... & Chen, H. (2024). Parrot optimizer: Algorithm and applications to medical problems. *Computers in Biology and Medicine*, 172, 108064.
- [10] Amiri, M. H., Mehrabi Hashjin, N., Montazeri, M., Mirjalili, S., & Khodadadi, N. (2024). Hippopotamus optimization algorithm: a novel nature-inspired optimization algorithm. *Scientific Reports*, 14(1), 5032.

## **AN INVERSE L-SHAPED MONOPOLE ANTENNA FOR SUB 6 GHZ 5G APPLICATIONS**

**KAYHAN ÇELİK**

**Gazi University, Faculty of Technology, Department of Electrical and Electronics  
Engineering, 06560, Ankara, Türkiye.**

**E-mail: [kayhancelik@gazi.edu.tr](mailto:kayhancelik@gazi.edu.tr), [kayhancelik1923@gmail.com](mailto:kayhancelik1923@gmail.com)**

**ORCID: 0000-0003-0371-0473**

### **ABSTRACT**

In comparison to the fourth generation, 5G technology offers a higher transmission speed and more capacity. However, effective application of 5G technologies requires efficient and small antennas. The design of efficient antennas for Sub 6 GHz 5G bands greatly enhances performance, hence improving total communication system performance. In the last few years, numerous new microstrip antenna systems have been suggested for 5G communication. In this paper, the design and performance analyses of the novel monopole antenna are presented. The antenna has a novel inverse L-shaped radiator; in addition, it has a defected ground plane, and it is designed with FR4 material. The designed antenna functions within the bandwidth of 3.3 - 3.8 GHz and has an almost constant gain over the operating bandwidth. In addition, it has an Omni directional radiation patterns. The antenna has an efficiency ranging from 80% to 93%. With these features, the designed antenna can be used as a receiver and transmitter antenna in sub 6 GHz 5G applications.

**Keywords:** Sub 6 GHz, monopole antenna, 5G

## **ENHANCING LUNG CANCER CLASSIFICATION ON IMBALANCED DATA: A HYBRID APPROACH WITH SMOTE AND FEATURE ENGINEERING**

**Res. Asst. Bilal Talha AYVAZ**

Karadeniz Technical University, [talhaayvaz@ktu.edu.tr](mailto:talhaayvaz@ktu.edu.tr) – 0009-0000-0556-3783

**Prof. Dr. Ayten ATASOY**

Karadeniz Technical University, [ayten@ktu.edu.tr](mailto:ayten@ktu.edu.tr) – 0000-0003-1188-2902

### **ABSTRACT**

Lung cancer is one of the most common causes of cancer-related death globally, making early and accurate diagnosis crucial for patient prognosis. However, class imbalance in medical datasets, which refers to the underrepresentation of minority classes, presents major challenges to machine learning algorithms. Class imbalance tends to lead to biased estimates and poor performance, especially for minority classes. In this study, the problem was addressed by integrating the Synthetic Minority Oversampling Technique with feature engineering to enhance classification performance on an imbalanced lung cancer dataset. The dataset, consisting of 270 lung cancer cases and 39 non-cancer cases, was evaluated across three distinct stages: (1) Raw Data – the imbalanced raw data set; (2) Balanced Data – the balanced data set with the Synthetic Minority Oversampling Technique; and (3) Optimized Data – the Synthetic Minority Oversampling Technique balanced dataset enriched with feature engineering. The models were evaluated with accuracy, precision, recall, F1-score, and AUC with a 5-fold cross-validation strategy. An accuracy of 93.86% and an AUC of 95.57% were achieved with Logistic Regression on the optimized dataset. These results highlight the importance of integrating the Synthetic Minority Oversampling Technique with feature engineering as an effective approach to improve the classification of unbalanced medical datasets, especially lung cancer diagnosis.

**Keywords:** Lung Cancer Classification, Class Imbalance, SMOTE, Feature Engineering

## 1. INTRODUCTION

In medical diagnosis processes, accurate and timely classifications play a vital role in early diagnosis of diseases and planning of treatments. Especially in diseases with high mortality rates such as lung cancer, early diagnosis could prolong the life expectancy of patients and improve their quality of life [1, 2]. However, the datasets used in these processes directly affect the performance of classification models. Medical datasets are usually imbalanced [3]. This imbalance is due to difficulties in data collection processes or unbalanced distribution of samples. Underrepresentation of minority classes in datasets prevents machine learning models from learning these classes effectively and often leads to misclassifications [4]. Addressing class imbalance has become an important focus in the fields of machine learning and medical applications [5]. Random Oversampling, Synthetic Minority Oversampling Technique (SMOTE) and its variants, Adaptive Synthetic Sampling (ADASYN) and cost sensitive learning approaches are widely used to balance datasets by creating synthetic samples for the minority class [6-10]. However, relying only on these methods may not be sufficient to achieve the desired classification performance in medical datasets. Given that medical datasets usually contain a limited number of samples and exhibit complex relationships, it is critical to enrich the information content of these datasets. In this context, feature engineering emerges as a powerful method that improves the learning process of models by adding new and meaningful features to the dataset [11]. Although individually powerful approaches, data balancing techniques and feature engineering are often studied independently in literature.

Gomiasti et al. used a lung cancer dataset containing demographic and clinical parameters. To address the issue of data imbalance, SMOTE was applied to balance the class distribution. This dataset was then used to evaluate the performance of hyperparameter-tuned Support Vector Machine (SVM) with a Radial Basis Function (RBF) kernel. Through Random Grid Search for hyperparameter tuning, they achieve a remarkable accuracy of 99% [12]. Pathan et al. utilized a publicly available lung cancer dataset including 22 features, such as genetic risk factors, occupational hazards, and dietary habits. Random oversampling technique was employed to ensure that the minority class was adequately represented in model training. Among the tested models, eXtreme Gradient Boosting (XGBoost) achieved the highest classification accuracy of 95.8% [13].

You utilized feature engineering to compare machine learning and deep learning models for lung cancer diagnosis. A dataset from Kaggle comprising 1000 samples and 23 features was used, and unnecessary features were eliminated while new features were created. XGBoost achieved 100% accuracy. [14]. Abdullah et al. aims to determine the best machine learning model for lung cancer diagnosis. Feature engineering was applied to reduce the dataset size, ensuring that model accuracy was preserved while optimizing computational efficiency. The study suggests that the combination of feature engineering and machine learning can be more effective and computationally efficient compared to deep learning methods [15].

While previous research examined class imbalance and feature engineering separately, this study explores the combined impact of addressing class imbalance and feature engineering on lung cancer classification. To achieve this, a structured experimental framework was designed

to systematically evaluate classification performance at three different levels of data processing, which are detailed in the following subsections:

1. **Classification with Raw Data:** The original imbalanced dataset, referred to as *Raw Data*, was used to evaluate the baseline performance of classification models.
2. **Classification with Balanced Data:** SMOTE was applied to the dataset to balance the class distribution, resulting in *Balanced Data*, which was used to evaluate the classification models.
3. **Classification with Optimized Data:** Feature engineering was first applied to the raw dataset to create new features. SMOTE was then employed to balance the dataset, producing the *Optimized Data*, which was used to evaluate the classification models.

## 2. MATERIAL AND METHODS

This section introduces the dataset used in the study, describes the preprocessing steps, presents the SMOTE algorithm, details feature engineering techniques, and outlines the classification algorithms and evaluation metrics employed.

### 2.1. Dataset Description

The current study utilized a publicly available dataset [16]. The dataset includes data from 309 participants, comprising 15 features used as inputs for machine learning models and 1 feature representing the target class. A detailed description of these features and the target class is provided in Table 1 below.

Table 1. Summary of Dataset Features

Feature	Categories/Range
Gender	Male, Female
Age	21-89 (Range)
Smoking	Yes, No
Yellow Fingers	Yes, No
Anxiety	Yes, No
Peer Pressure	Yes, No
Chronic Disease	Yes, No
Fatigue	Yes, No
Allergy	Yes, No
Wheezing	Yes, No
Alcohol Consuming	Yes, No
Shortness of Breath	Yes, No
Swallowing Difficulty	Yes, No
Chest Pain	Yes, No
Lung Cancer (Target Class)	Yes, No

### 2.2. Data Preprocessing



The dataset used in this study is complete and ready for analysis. Since there are no missing values, there was no need for data cleaning or imputation processes. Furthermore, all features were provided in an appropriate format, eliminating the necessity for scaling or normalization steps. As a result, the dataset was directly utilized in the classification models without any additional preprocessing steps.

### 2.3. SMOTE

The dataset is highly imbalanced, with 270 participants diagnosed with lung cancer (majority class) and 39 participants without lung cancer (minority class). This imbalance poses significant challenges for classification models, as they tend to favor the majority class, resulting in suboptimal performance, particularly for minority class predictions. To address this limitation, SMOTE was utilized in this study. SMOTE alleviates class imbalance by generating synthetic data points for the minority class. Using KNN algorithm, SMOTE interpolates new samples between existing minority class instances and their neighbors, as shown in Equation (1) below.

$$x_{synthetic} = x_i + \lambda \cdot (x_{z_i} - x_i) \quad (1)$$

- $x_i$  is a feature vector of an existing minority class sample,
- $x_{z_i}$  is a feature vector of one of the k-nearest neighbors of  $x_i$ ,
- $\lambda$  is a random number sampled from the interval  $[0,1]$ .

This equation generates synthetic samples along the line segments connecting  $x_i$  to its selected neighbors, effectively increasing the density of the minority class in the feature space. In this study, the k parameter for SMOTE was set to 5, ensuring a balanced representation of the minority class while avoiding excessive noise.

SMOTE was applied only to the training subset, balancing the class distribution by creating synthetic samples for the minority class. The test subset retained its original imbalanced distribution, enabling an unbiased assessment of the models' generalization performance. Figure 1. presents the class distribution in the training and test datasets before and after applying SMOTE.

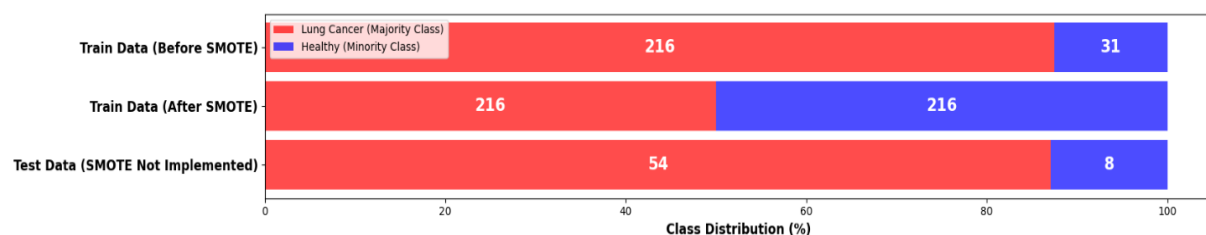


Figure 1. Class Distribution Before and After SMOTE

### 2.4. Feature Engineering

Feature engineering is a critical step to derive more meaningful and information-rich features from raw data. This process has been implemented to enhance the performance of machine learning models and improve classification performance. In this study, additional features related to physical symptoms, psychological states, and habits have been derived to better represent the information contained in the available data. Below, the derived features and their calculation methods are explained in detail.

- *Symptom Index*: The "Symptom Index" is calculated by summing fatigue, wheezing, coughing, shortness of breath, difficulty swallowing, and chest pain symptoms. This index quantitatively measures the patient's overall physical symptom burden.
- *Overall Wellness Index*: The "Overall Wellness Index" is calculated by summing the reversed values of negative factors such as anxiety, chronic disease, fatigue, allergy, coughing, shortness of breath, difficulty swallowing, and chest pain. It represents the individual's overall health status.
- *Mental Health Index*: The "Mental Health Index" is created by summing anxiety and peer pressure variables to evaluate the patient's mental state.
- *Smoking/Yellow Fingers Link*: The interaction between smoking and yellow-stained fingers is quantified by calculating the product of these two variables, serving as an indicator of smoking-related physical symptoms.
- *Psycho-Physiological Risk Index*: A holistic assessment of the individual's combined psychological and physical conditions is provided by summing the Mental Health Index and Symptom Index.
- *Unhealthy Lifestyle Index*: The "Unhealthy Lifestyle Index" is calculated as the sum of smoking and alcohol consumption variables, reflecting the extent of unhealthy habits.
- *Cumulative Risk Index*: Key demographic and health-related factors, including smoking, chronic disease, being 40 years or older, and male gender, are summed to derive the "Cumulative Risk Index," representing an overall risk profile.

To evaluate the significance of these engineered features and their contribution to predictive modeling, feature analysis and ranking were conducted using Random Forest and Gain Ratio methods. Random Forest provided feature importance metrics, highlighting the most influential variables in the classification process, while Gain Ratio offered a balanced evaluation of the features' explanatory power, particularly for categorical data [17, 18]. The results of this analysis are summarized in Table 2, which presents the ranking of features based on their importance and contribution to the predictive model.

Table 2. Features ranking in the optimized data

Random Forest		Gain Ratio	
Feature	Score	Feature	Score
Psycho-Physiological Risk Index	0.1952	Allergy	0.2662
Overall Wellness Index	0.1578	Alcohol Consuming	0.2480
Alcohol Consuming	0.0933	Coughing	0.1946
Allergy	0.0883	Swallowing Difficulty	0.1767
Symptom Index	0.0739	Psycho-Physiological Risk Index	0.1642
Coughing	0.0417	Wheezing	0.1627
Age	0.0403	Peer Pressure	0.1607

Mental Health Index	0.0386	Overall Wellness Index	0.1522
Swallowing Difficulty	0.0354	Chest Pain	0.1520
Peer Pressure	0.0350	Yellow Fingers	0.1286
Yellow Fingers	0.0299	Unhealthy Lifestyle Index	0.1202
Unhealthy Lifestyle Index	0.0256	Chronic Disease	0.1072
Smoking/Yellow Fingers Link	0.0244	Symptom Index	0.1038
Chronic Disease	0.0227	Mental Health Index	0.0948
Wheezing	0.0216	Smoking/Yellow Fingers Link	0.0841
Chest Pain	0.0201	Anxiety	0.0838
Cumulative Risk Index	0.0168	Fatigue	0.0670
Anxiety	0.0120	Cumulative Risk Index	0.0629
Fatigue	0.0084	Smoking	0.0491
Smoking	0.0081	Age	0.0413
Gender	0.0055	Gender	0.0407
Shortness of Breath	0.0053	Shortness of Breath	0.0254

## 2.5. Classification Algorithms and Evaluation Metrics

In this study, several widely used classification algorithms were evaluated to determine their effectiveness in handling classification tasks. The selected algorithms include Logistic Regression (LR), Linear Discriminant Analysis (LDA), Naive Bayes (NB), SVM, KNN, Decision Tree (DT), Random Forest (RF), and AdaBoost. To ensure robust and reliable results, a 5-fold cross-validation procedure was employed. Metrics such as accuracy, precision, recall, F1-score, and AUC were used to measure their performance.

## 3. RESULTS

In the results section, the performance of classification algorithms on raw data, data balanced with SMOTE (balanced data), and data processed with feature engineering and SMOTE (optimized data) were examined in detail. Table 3 provides a detailed overview of the performance metrics obtained using the raw dataset.

Table 3. Evaluation Metrics Results on Raw Data

	Accuracy	Precision	Recall	F1 Score	AUC
<b>LR</b>	91.27%	97.04%	93.35%	95.11%	94.99%
<b>LDA</b>	91.59%	94.82%	95.58%	95.15%	94.25%
<b>NB</b>	89.01%	94.44%	93.12%	93.75%	88.02%
<b>SVM</b>	92.23%	95.92%	95.29%	95.56%	94.65%
<b>KNN</b>	87.38%	96.67%	89.70%	93.04%	81.24%
<b>DT</b>	90.29%	96.30%	92.90%	94.54%	72.53%
<b>RF</b>	91.56%	97.04%	93.66%	95.29%	94.10%
<b>ADABOOST</b>	90.62%	97.04%	92.67%	94.76%	93.88%

The classification results obtained using the raw dataset indicate that the SVM algorithm outperformed other algorithms, achieving an accuracy of 92.23%, an F1-Score of 95.56%, and an AUC of 94.65%. LR and RF algorithms also demonstrated strong performances. In contrast, algorithms such as NB and DT showed comparatively lower performance. These results highlight the negative impact of class imbalance on classification performance, particularly for algorithms like NB and DT that may struggle with imbalanced data distributions. Table 4 provides a detailed overview of the performance metrics obtained using the SMOTE-applied dataset.

Table 4. Evaluation Metrics Results on Balanced Data

	<b>Accuracy</b>	<b>Precision</b>	<b>Recall</b>	<b>F1 Score</b>	<b>AUC</b>
<b>LR</b>	93.21%	96.30%	95.99%	96.11%	95.23%
<b>LDA</b>	91.91%	94.44%	96.28%	95.32%	94.76%
<b>NB</b>	89.65%	97.04%	91.65%	94.25%	87.74%
<b>SVM</b>	92.56%	95.93%	95.61%	95.74%	94.64%
<b>KNN</b>	88.35%	91.11%	95.37%	93.16%	83.28%
<b>DT</b>	89.97%	95.19%	93.58%	94.33%	74.68%
<b>RF</b>	91.59%	96.30%	94.29%	95.25%	93.22%
<b>ADABOOST</b>	91.59%	95.93%	94.62%	95.22%	94.33%

When the SMOTE method was applied to address class imbalance in the dataset, a general improvement in model performance was observed. Eliminating class imbalances particularly enhanced the performance of the minority class, leading to an increase in recall metrics and consequently significant improvements in F1-score and AUC values. LR demonstrated the highest performance with an accuracy of 93.21%. Furthermore, the SVM algorithm maintained its strong performance after SMOTE, achieving an accuracy of 92.56% and an AUC of 94.64%. LDA and RF also delivered consistent results, demonstrating stable classification performance. However, the performances of NB and KNN algorithms remained lower compared to the other models, even after applying SMOTE. Table 5 provides a detailed overview of the performance metrics obtained using the dataset with both feature engineering and SMOTE applied.

Table 5. Evaluation Metrics Results on Optimized Data

	<b>Accuracy</b>	<b>Precision</b>	<b>Recall</b>	<b>F1 Score</b>	<b>AUC</b>
<b>LR</b>	93.86%	96.67%	96.33%	96.48%	95.57%
<b>LDA</b>	91.91%	94.82%	95.95%	95.34%	94.39%
<b>NB</b>	91.59%	97.04%	93.65%	95.28%	91.61%
<b>SVM</b>	92.56%	95.92%	95.61%	95.74%	94.91%
<b>KNN</b>	86.72%	88.15%	96.36%	92.04%	88.67%
<b>DT</b>	91.27%	95.19%	94.89%	95.02%	81.26%
<b>RF</b>	91.91%	95.93%	94.90%	95.40%	93.61%
<b>ADABOOST</b>	91.91%	95.19%	95.53%	95.34%	93.94%

The combined application of SMOTE and feature engineering has further enhanced the performance of classification models. The newly engineered features enriched the dataset with

additional information and context, while SMOTE ensured balanced performance by increasing the number of minority class samples. LR demonstrated the best performance, achieving an accuracy of 93.86% and an AUC of 95.57%. Similarly, the SVM and AdaBoost models achieved strong results. AdaBoost showed an excellent balance between precision and recall. On the other hand, the KNN algorithm recorded a lower accuracy, 86.72% compared to other models. In conclusion, the application of SMOTE in combination with feature engineering has improved the performance of the minority class and substantially mitigated the negative effects of class imbalance. These findings clearly highlight the critical importance of data preprocessing steps in enhancing classification performance. Figure 2 presents ROC curves that illustrate the performance of classification models at different threshold settings and provide a visual assessment of their ability to discriminate between classes.

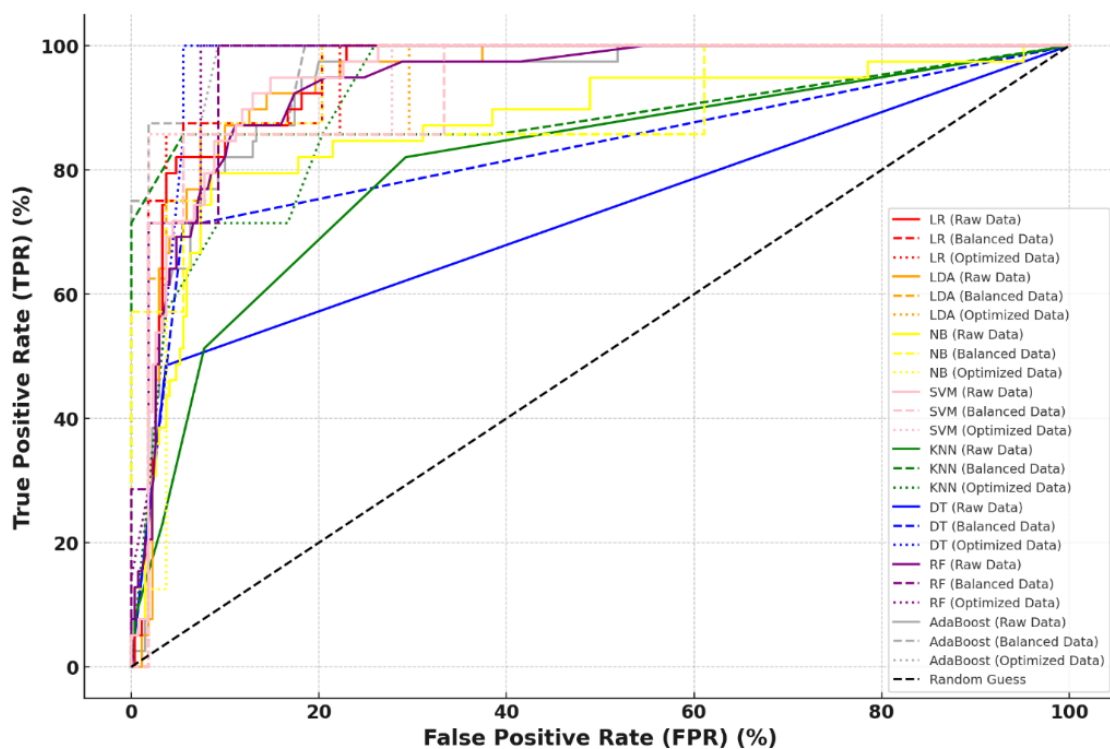


Figure 2. Comparison of ROC Curves for Raw, Balanced, and Optimized Data

The analysis of ROC curves clearly demonstrates the performance of classification models and the impact of data preprocessing techniques. ROC curves obtained using the raw dataset indicate low performance due to class imbalance, whereas the application of SMOTE has significantly addressed this issue, resulting in noticeable improvements in ROC curves. When SMOTE and feature engineering were applied together, a significant increase in the discriminatory power of the models was observed, with the highest performance achieved in the ROC curves. These findings highlight that not only the selection of the right model but also the effective use of data preprocessing techniques plays a critical role in improving classification success.

#### 4. DISCUSSION

The results are consistent with prior research confirming the effectiveness of SMOTE in handling class imbalance. However, this study extends the literature by demonstrating the synergistic effect of combining SMOTE with feature engineering, rather than applying them separately. These techniques not only strengthened the representation of minority classes but also enriched the dataset with more informative features, ultimately leading to improved accuracy and generalization. This study tackles class imbalance in medical datasets, helping to reduce biased learning and highlighting the importance of strong preprocessing in diagnostic applications. Notably, models such as Logistic Regression (LR) and Support Vector Machine (SVM) exhibited significant performance gains, highlighting the impact of data preprocessing strategies on traditional machine learning models. In contrast, K-Nearest Neighbors (KNN) showed limited improvement, suggesting that the effectiveness of data balancing and feature engineering may vary depending on model architecture. Ultimately, this study underscores the necessity of a multi-faceted data preprocessing strategy when working with imbalanced medical datasets and lays the groundwork for developing more robust, interpretable, and reliable machine learning models in medical diagnostics.

Despite its contributions, this study has certain limitations. The dataset used is relatively small and focused solely on binary lung cancer classification, which may restrict the generalizability of the findings. Future research should consider evaluating these techniques on larger, multi-class, and heterogeneous datasets to assess their applicability in broader diagnostic contexts.

## REFERENCES

- [1] Leiter, A., Veluswamy, R.R., Wisnivesky, J.P., The global burden of lung cancer: current status and future trends, *Nat Rev Clin Oncol*, 20, 624–639, (2023).
- [2] Blandin Knight, S., Crosbie, P. A., Balata, H., Chudziak, J., Hussell, T., & Dive, C., Progress and prospects of early detection in lung cancer, *Open biology*, 7(9), 170070, (2017).
- [3] Ali, A., Shamsuddin, S. M., Ralescu, A. L., Classification with class imbalance problem, *Int. J. Advance Soft Compu. Appl.*, 5(3), 176-204, (2013).
- [4] Tang, Y., Zhang, Y. Q., Chawla, N. V., Krasser, S., SVMs modeling for highly imbalanced classification, *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, Part B (Cybernetics)*, 39(1), 281-288, (2008).
- [5] Rahman, M. M., Davis, D. N., Addressing the class imbalance problem in medical datasets, *International Journal of Machine Learning and Computing*, 3(2), 224, (2013).

- [6] Chawla, N. V., Bowyer, K. W., Hall, L. O., Kegelmeyer, W. P., SMOTE: synthetic minority over-sampling technique, *Journal of artificial intelligence research*, 16, 321-357, (2002).
- [7] Han, H., Wang, W. Y., & Mao, B. H., *Borderline-SMOTE: a new over-sampling method in imbalanced data sets learning*, *International conference on intelligent computing* (878-887). Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, (2005).
- [8] Mukherjee, M., Khushi, M., SMOTE-ENC: A novel SMOTE-based method to generate synthetic data for nominal and continuous features. *Applied system innovation*, 4(1), 18, (2021).
- [9] He, H., Bai, Y., Garcia, E. A., Li, S., *ADASYN: Adaptive synthetic sampling approach for imbalanced learning*, *2008 IEEE international joint conference on neural networks* (1322-1328), Hong Kong, (2008).
- [10] Thai-Nghe, N., Gantner, Z., & Schmidt-Thieme, L., *Cost-sensitive learning methods for imbalanced data*, *The 2010 International joint conference on neural networks (IJCNN)* (1-8), Barcelona, (2010).
- [11] Verdonck, T., Baesens, B., Óskarsdóttir, M., vanden Broucke, S., *Special issue on feature engineering editorial*, *Machine learning*, 113(7), 3917-3928, (2024).
- [12] Gomiasti, F. S., Warto, W., Kartikadarma, E., Gondohanindijo, J., Setiadi, D. R. I. M., *Enhancing lung cancer classification effectiveness through hyperparameter-tuned support vector machine*, *Journal of Computing Theories and Applications*, 1(4), 396-406, (2024).
- [13] Pathan, R. K., Shorna, I. J., Hossain, M. S., Khandaker, M. U., Almohammed, H. I., Hamd, Z. Y., *The efficacy of machine learning models in lung cancer risk prediction with explainability*, *Plos one*, 19(6), e0305035, (2024).
- [14] You, X., *Lung Cancer Feature Analysis and Classification Prediction Based on Machine Learning and Deep Learning*, In *Proceedings of the 2024 2nd International Conference on Image, Algorithms and Artificial Intelligence* (Vol. 115, p. 60). Springer Nature, (2024, October).
- [15] Abdullah, D. M., Abdulazeez, A. M., Sallow, A. B., *Lung cancer prediction and classification based on correlation selection method using machine learning techniques*, *Qubahan Academic Journal*, 1(2), 141-149ç (2021).
- [16] <https://www.kaggle.com/datasets/mysarahmadbhat/lung-cancer> (Accessed on January 14, 2025)



- [17] Darst, B. F., Malecki, K. C., Engelman, C. D., Using recursive feature elimination in random forest to account for correlated variables in high dimensional data, *BMC genetics*, 19, 1-6, (2018).
- [18] Gnanambal, S., Thangaraj, M., Meenatchi, V. T., Gayathri, V., Classification algorithms with attribute selection: an evaluation study using WEKA, *International Journal of Advanced Networking and Applications*, 9(6), 3640-3644, (2018).





## **EXPERIMENTAL ANALYSIS OF FIRE-RESISTANCE IN ECO-FRIENDLY CORRUGATED SANDWICH PANELS**

**Dr. Haruto Tanaka, Dr. Amina Sayeed**  
**University of Dhaka, Bangladesh**

### **Abstract:**

With the increasing use of sustainable materials in structural applications, this study evaluates the fire-resistance properties of eco-friendly corrugated sandwich panels made from plywood. A cone calorimeter was employed to examine the fire-reaction characteristics of the three-layered plywood core panels under a heat flux of 50 kW/m<sup>2</sup>. The findings revealed a distinct heat release pattern, showing that the plywood panels exhibited a significantly lower peak heat release rate of approximately 421 kW/m<sup>2</sup>, compared to many polymeric composites. The panels produced minimal smoke and had a low total heat release, demonstrating superior fire resistance. The ignition time was recorded at 21.7 seconds, which is slower than polymeric composites, even those with flame-retardant treatments. This study highlights the potential of using biodegradable materials in sandwich panel construction, offering a sustainable alternative for structural designs.

**Keywords:** Corrugated sandwich panel, fire-resistance, plywood, sustainable material, renewable resources.



## **IMPACT OF PHYSICAL TRAINING PROGRAMS ON BONE DIMENSIONS IN FEMALE UNIVERSITY STUDENTS**

**Aisha Rahman, Imran Yousaf**

**Department of Physical Education, Quaid-e-Azam University, Pakistan**

### **Abstract:**

Understanding the influence of sustained physical activity on skeletal development is essential for optimizing health and athletic performance. This research explores the effects of structured physical training on bone dimensions in female university students. A total of 78 participants aged  $19.5 \pm 1.8$  years were categorized into three groups: Progressive Load Training (PLT), Constant Load Training (CLT), and a control group with no physical training. Key skeletal dimensions measured included biacromial diameter, humeral bicondylar width, and femoral bicondylar width. Measurements were recorded over three six-week cycles using a multi-group repeated measures design. Data analysis revealed that both PLT and CLT significantly improved skeletal dimensions compared to the control group. These findings demonstrate the dual effects of targeted training and natural growth, emphasizing the importance of tailored physical activity programs for skeletal health in young women.

**Keywords:** Female university students, skeletal development, physical activity, training impact.



## **INTERPLAY BETWEEN EXERCISE AND DIET ON NEUROCOGNITIVE FUNCTIONS**

**Sofia Ibrahim, Kareem Hassan**  
**Faculty of Health Sciences, Alexandria University, Egypt**

### **Abstract:**

The relationship between lifestyle factors such as exercise and diet and their collective impact on neurocognitive performance has garnered increasing attention. This study evaluates how different exercise modalities and dietary patterns influence cognitive flexibility and brain plasticity. By incorporating a sample of diverse age groups, the research investigates optimal exercise regimens and nutritional practices that support enhanced learning and memory. Special focus was given to diets rich in omega-3 fatty acids, antioxidants, and complex carbohydrates, examining their synergy with moderate-intensity aerobic exercises. Results highlight a pronounced improvement in cognitive adaptability among individuals adhering to structured physical activity coupled with balanced nutrition. This underscores the critical role of integrated lifestyle interventions in optimizing cognitive health and mitigating age-related declines.

**Keywords:** Exercise, dietary patterns, cognitive health, neuroplasticity, lifestyle interventions.



## **SPORTS AS A CATALYST FOR COMMUNITY HEALTH IMPROVEMENT**

**Dr. Tobias Richter, Lena Fischer**

**Department of Health Sciences, Leipzig University, Germany**

### **Abstract:**

This study explores the transformative role of sports in promoting public health across diverse demographic groups. Utilizing sports as a strategic tool for health advocacy, the research evaluates its social, psychological, and economic impacts, focusing on urban and rural populations in Germany. The study analyzed health behavior data from youth and elderly cohorts, highlighting distinct needs and gaps in national health policies. Findings suggest that tailored sports initiatives can enhance physical activity levels and social cohesion, particularly in underserved communities. Recommendations include integrating sports programs into broader health strategies to maximize their potential in building resilient communities.

**Keywords:** Community health, sports initiatives, public policy, demographic analysis, health equity.



## **EFFECTS OF RESISTANCE TRAINING ON GROWTH PARAMETERS IN EUROPEAN MALE TEENS**

**Sofia Petrovic**

**Institute of Sports Science, Belgrade University, Serbia**

### **Abstract:**

This study assesses the influence of progressive resistance training on physical development in European male adolescents. Ninety participants were assigned to progressive, constant, or no training groups, with body length dimensions such as arm, leg, and sitting height measured over three six-week training cycles. Data analysis revealed that progressive training had a significantly positive effect on growth parameters, highlighting its potential in optimizing adolescent development. The results underscore the importance of incorporating scientifically designed training regimens to support healthy growth trajectories during adolescence.

**Keywords:** Adolescent growth, resistance training, physical development, longitudinal study.

## **ERGONOMIC ENHANCEMENTS FOR OPTIMIZED CYCLING PERFORMANCE IN NON-PROFESSIONAL ATHLETES**

Haruto Tanaka, Lin Yu, Li Wei  
National Taipei University, Taiwan

### **Abstract:**

Cycling, a favored sustainable transportation mode, requires ergonomic optimization for peak performance. This study examines the impact of ergonomic adjustments on cycling efficiency and muscle activation in amateur cyclists across various body types. Sixty male cyclists from Taiwan participated in trials on adjustable bicycles, with seat heights and frame geometries tailored to individual metrics. Parameters such as pedaling power, cadence, and muscle activation were measured using power meters and electromyography. Findings indicate that optimal seat height (96%-104% trochanteric height) significantly enhances cycling efficiency, while frame size had limited influence. Enhanced muscle activation was also correlated with seat height adjustments, suggesting its pivotal role in cycling ergonomics. This research emphasizes the importance of personalized bicycle configurations to maximize performance.

**Keywords:** Cycling efficiency, ergonomic adjustments, muscle activation, sustainable transportation



## **THE ROLE OF DYNAMIC MOTOR ACTIVITIES IN PRESCHOOLERS' HOLISTIC DEVELOPMENT**

Fatoumata Diop, Ibrahim Keita  
University of Bamako, Mali

### **Abstract:**

Early childhood education often overlooks the integration of dynamic movement activities, which play a crucial role in cognitive and social development. This study investigates the impact of structured motor exercises on preschoolers, including children with disabilities, in Bamako, Mali. Using an experimental design, 80 children participated in tailored neuromotor activity sessions over three months. Observations revealed notable improvements in attention span, peer interactions, and problem-solving skills among participants compared to a control group. Teachers also reported enhanced classroom engagement and reduced behavioral issues. These findings underscore the necessity of incorporating dynamic movement strategies into early education to foster holistic development and inclusion.

**Keywords:** Early childhood education, dynamic movement, cognitive development, social inclusion

## **THE EFFECT OF CONSTRAINTS ON SOCCER PERFORMANCE: A STUDY OF NCAA DIVISION II ATHLETES**

Pedro Silva, Grace Chukwuma  
University of Accra, Ghana

### **Abstract:**

This research explores how specific constraints influence the physical performance of NCAA Division II soccer players. Utilizing the Constraint-Based Model and Game Performance Assessment Instrument (GPAI), data from 22 athletes were analyzed over a six-week period. Results showed that imposed constraints, such as limited space or time, improved skills like ball control and defensive positioning. Statistical analyses highlighted significant performance gains in constrained environments compared to regular training. Findings suggest that incorporating constraints into training regimens can enhance critical performance metrics in competitive settings. The study provides actionable insights for coaches and trainers aiming to optimize player development.

**Keywords:** Soccer performance, constraints, player development, competitive training





## **IMPACT OF COLLEGE ATHLETIC SUCCESS ON FUNDING AND STUDENT OUTCOMES**

Prof. Dr. Hassan Rashid, Dr. Amira El-Masri  
Cairo University, Egypt

### **Abstract:**

This study examines the effects of athletic achievements on university funding and student metrics, focusing on basketball team performance at a medium-sized Egyptian university. The research evaluates correlations between athletic success, alumni donations, enrollment rates, and academic standards. While minor links between game wins and application rates were observed, significant effects were only noted with participation in national tournaments. Findings highlight the limited impact of athletic performance on broader institutional goals, emphasizing the need for more balanced budget allocations between academics and sports. This research provides a critical perspective on university financial strategies amid rising educational costs.

**Keywords:** College athletics, alumni funding, enrollment rates, academic investment



## **BIOMECHANICAL IMPACT OF MEDIAL CUNEIFORM ABNORMALITIES ON GAIT DYNAMICS**

Asmaa Khalid, Omar Al-Farouq, Layla Hassan  
Al-Quds University, Palestine

### **Abstract:**

Bipartite medial cuneiforms, though rare, significantly affect gait and foot biomechanics. This clinical study assessed the impact of this condition on two patients experiencing chronic foot pain. Gait analysis using advanced tools revealed altered peak pressures in key foot areas, linked to restricted range of motion in the first ray. MRI findings confirmed structural anomalies contributing to these biomechanical changes. The study calls for further research to better understand the clinical and functional implications of such abnormalities, aiming to inform treatment strategies for affected individuals.

**Keywords:** Medial cuneiforms, gait abnormalities, biomechanics, clinical orthopedics



## **MACHINE LEARNING-BASED STRATEGIES FOR SOCCER PLAYER INJURY PREVENTION**

**Dr. Leonardo Oliveira, Dr. Sofia Martinez**  
**University: Federal University of Santa Catarina, Brazil**

### **Abstract:**

Injury prevention in soccer is a critical challenge that directly impacts players' careers and team performance. This study proposes a machine learning-based framework to predict injury risks among soccer players, aiming to improve preventive measures. Utilizing comprehensive data, including playing time, match participation, distance covered, and historical performance metrics, the model identifies patterns correlating with injury risks. Employing advanced regression techniques and decision-tree algorithms, the study provides actionable insights for coaches and medical staff. The findings demonstrate that the predictive model can significantly enhance the early identification of high-risk players, thereby fostering safer athletic practices and reducing injury-related disruptions.

**Keywords:** Soccer injuries, machine learning, injury prediction, sports analytics, injury prevention.



## QUANTITATIVE ASSESSMENT OF NFL OFFENSIVE LINEMAN PERFORMANCE

**Youssef Abdalla, Ahmed Idris, Fatima Elhadi**

**University: Sudan University of Science and Technology, Sudan**

### **Abstract:**

This research develops a novel quantitative methodology to evaluate offensive lineman performance in the NFL, addressing the subjective biases of traditional assessment methods. Leveraging extensive game statistics from multiple seasons, the model identifies discrepancies between players' salaries and their objective performance metrics. The analysis reveals significant underperformance and overvaluation trends among specific players, offering an empirical foundation for salary adjustments. This approach contributes to enhancing fairness and transparency in player evaluations, ultimately advancing the integration of data-driven strategies in sports management.

**Keywords:** Offensive linemen, NFL analytics, quantitative evaluation, performance metrics, sports economics.



## EXPLORING EXERCISE MOTIVATION AMONG HEALTH STUDENTS IN GHANA

**Dr. Ama Opoku, Kojo Mensah**  
**University: University of Ghana, Ghana**

### **Abstract:**

This study examines the interplay between exercise behavior change, self-efficacy, and decisional balance among nursing and midwifery students in Ghana. A cross-sectional survey involving 300 participants employed a detailed questionnaire assessing these constructs alongside demographic factors. Statistical analysis revealed significant correlations between higher self-efficacy scores and advanced stages of behavior change, highlighting the role of confidence in sustaining exercise routines. The findings provide evidence-based insights for developing targeted interventions aimed at promoting physical activity within academic health programs, contributing to the broader discourse on student well-being.

**Keywords:** Exercise behavior, nursing students, self-efficacy, physical activity, health education.



## **LEISURE ACTIVITIES AND WELL-BEING IN NURSING STUDENTS: A CROSS-CULTURAL PERSPECTIVE**

**Dr. Pedro Lima, Maria Fernanda Ribeiro**  
**University: University of Campinas, Brazil**

### **Abstract:**

This research explores the impact of leisure activities on the perceived well-being of nursing students in Brazil. A robust multivariate analysis of 1,200 survey responses reveals a strong correlation (canonical coefficient = 0.670) between leisure participation and enhanced mental health. The study identifies four key dimensions of leisure engagement that significantly contribute to stress reduction and overall life satisfaction. Findings underscore the critical role of extracurricular activities in fostering resilience and well-being, offering actionable insights for curriculum planners and policymakers to integrate structured leisure programs into academic environments.

**Keywords:** Leisure engagement, student well-being, nursing education, mental health, multivariate analysis.



## **NURSING STUDENTS' EXPERIENCES IN MATERNAL HEALTH PRACTICE**

**Dr. Thandiwe Nkosi, Siphon Mahlangu**

**University: University of Pretoria, South Africa**

### **Abstract:**

This qualitative study investigates the experiences of nursing students during their maternal health rotations in delivery rooms in South Africa. Six third-year students were interviewed, observed, and asked to provide reflective journals documenting their experiences. Key themes identified include emotional stress management, the impact of clinical exposure on personal growth, and reliance on peer and mentor support. The findings highlight the challenges and transformative learning opportunities associated with practical nursing education, offering valuable perspectives for improving clinical training in maternal health care.

**Keywords:** Nursing education, maternal health, experiential learning, delivery room practice, qualitative research.

## ENHANCING CRITICAL THINKING IN NURSING EDUCATION THROUGH STRATEGIC CURRICULUM DESIGN

**Ana de Sousa (Federal University of Acre, Brazil), Hassan Youssouf (University of Nairobi, Kenya)**

### **Abstract:**

Critical thinking (CT) is a foundational skill essential for nursing practice, enabling students to analyze, evaluate, and make informed decisions in clinical scenarios. This study developed and assessed a nursing curriculum aimed at fostering CT skills through innovative pedagogical strategies. The research adopted a mixed-methods approach, incorporating both curriculum development and evaluation phases. The curriculum, piloted among 45 second-year nursing students from the University of Nairobi, included modules emphasizing problem-solving, reflective practice, and ethical decision-making. Data collection tools consisted of reflective journaling, pre-and post-CT skill assessments, and focus group discussions. Results demonstrated a significant increase in students' CT scores post-intervention (mean difference = 6.15, S.D. = 3.12). Qualitative feedback indicated improved confidence in clinical reasoning and decision-making. These findings highlight the importance of structured CT training in nursing education. Future recommendations include scaling the curriculum and integrating interdisciplinary learning components.

**Keywords:** Critical Thinking, Nursing Education, Curriculum Development, Reflective Practice



## **RELAXATION STRATEGIES TO REDUCE ANXIETY AMONG NURSING STUDENTS IN CLINICAL SETTINGS**

**Kwame Mensah (University of Ghana, Ghana)**

### **Abstract:**

Clinical training is a critical phase for nursing students but often induces significant anxiety, potentially impacting performance and learning outcomes. This quasi-experimental study investigated the effectiveness of guided relaxation techniques in alleviating anxiety among first-year nursing students during clinical placements. Conducted at the University of Ghana, the study involved 60 students divided into experimental and control groups. The intervention group participated in a six-week relaxation program incorporating breathing exercises, progressive muscle relaxation, and mindfulness sessions. Anxiety levels were measured using the State-Trait Anxiety Inventory (STAI) and physiological parameters like blood pressure and heart rate. Post-intervention analysis revealed a statistically significant reduction in anxiety levels within the experimental group ( $p < 0.01$ ). Moreover, participants reported improved focus and self-efficacy in clinical tasks. These findings suggest relaxation training as an effective strategy to enhance emotional well-being and performance among nursing students.

**Keywords:** Relaxation Techniques, Anxiety, Clinical Training, Nursing Students

## **IDENTIFYING LEGIONELLA CONTAMINATION IN WATER SYSTEMS: A PCR-BASED STUDY IN TROPICAL REGIONS**

**Ahmed Yusuf (University of Addis Ababa, Ethiopia), Mei Xiu (University of Malaya, Malaysia)**

### **Abstract:**

Water systems in healthcare facilities are often reservoirs for *Legionella pneumophila*, a major pathogen causing severe respiratory infections. This study utilized PCR techniques to detect *Legionella* contamination in water cooling systems across hospitals and nursing homes in Addis Ababa, Ethiopia. Water samples (n=85) were collected during the dry season and subjected to DNA extraction, followed by semi-nested PCR targeting *Legionella*-specific 16S-rDNA sequences. Results showed a 42% prevalence of *Legionella* species, with *L. pneumophila* identified in 20% of positive samples. The findings underscore the urgent need for improved water system management in healthcare facilities to mitigate the risk of *Legionella* outbreaks. Recommendations include implementing routine monitoring and adopting advanced disinfection technologies.

**Keywords:** *Legionella pneumophila*, Water Safety, PCR Detection, Healthcare Facilities

## **DEVELOPING LEADERSHIP SKILLS IN NURSING STUDENTS THROUGH PARTICIPATORY TRAINING PROGRAMS**

Maria Gomes, Nhlanhla Sithole, Noriko Saito  
University of Cape Coast, Ghana

### **Abstract:**

Leadership capabilities are vital for nursing professionals to excel in their roles within complex healthcare environments. This study explores the impact of a participatory training program designed to enhance leadership competencies among undergraduate nursing students. Conducted between 2021 and 2022 at the University of Cape Coast, Ghana, the initiative involved 40 nursing students engaging in workshops emphasizing decision-making, collaboration, and reflective practices. Key activities included group discussions, case studies, and role-playing exercises tailored to simulate real-world healthcare challenges. Pre- and post-program assessments using a validated leadership skills questionnaire revealed significant improvements in participants' confidence, problem-solving, and communication abilities. The findings suggest that participatory approaches, emphasizing active learning and peer interaction, can effectively foster leadership growth in nursing students. This study underscores the need for integrating such programs into nursing curricula to prepare students for dynamic healthcare roles.

**Keywords:** Leadership training, participatory methods, nursing education, student development.

## ASSESSING DIGITAL COMPETENCIES AMONG NURSING STUDENTS IN A GLOBALIZED ERA

Fatima Abubakar, Wei Ling Chen  
Addis Ababa University, Ethiopia

### **Abstract:**

Digital literacy is a cornerstone of 21st-century nursing education, enabling students to adapt to technological advancements in healthcare. This research examines the digital competencies of second-year nursing students at Addis Ababa University, Ethiopia, focusing on their ability to leverage digital tools in academic and clinical settings. Using a mixed-methods approach, data were gathered from 70 students through surveys and practical digital tasks. Results indicated that students excelled in using word processing and communication tools but showed moderate proficiency in advanced applications like data analysis software. Notable gaps were identified in their ability to navigate clinical decision-support systems and electronic health records. Qualitative insights highlighted the lack of sufficient digital resources and training within the curriculum. The study advocates for enhanced digital training modules, emphasizing hands-on experience with healthcare-specific technologies, to prepare students for digital demands in professional settings.

**Keywords:** Digital literacy, nursing education, healthcare technology, Ethiopia.



## PROMOTING CRITICAL THINKING IN NURSING EDUCATION THROUGH INNOVATIVE PEDAGOGY

João Pereira, Emily Ncube  
Makerere University, Uganda

### **Abstract:**

Critical thinking is essential for nursing professionals to provide safe and effective patient care. This study evaluates the impact of an innovative pedagogical model, the THINK Framework, on developing critical thinking skills among nursing students at Makerere University, Uganda. The framework emphasizes collaboration, analysis, and evidence-based practice through interactive classroom activities, simulations, and reflective journaling. Implemented over a six-month period with 60 second-year nursing students, the program incorporated structured workshops and clinical practicums. Pre- and post-intervention assessments using the Watson-Glaser Critical Thinking Appraisal revealed a significant improvement in participants' analytical and reasoning abilities. Students reported increased confidence in applying theoretical knowledge to clinical decision-making. These findings demonstrate the effectiveness of incorporating targeted strategies to foster critical thinking within nursing curricula. Further research is recommended to explore the long-term impact of such pedagogical models on professional practice.

**Keywords:** Critical thinking, innovative teaching, nursing students, Uganda.

## **CULTURAL INFLUENCES ON PATIENT PAIN MANAGEMENT IN MULTINATIONAL HEALTHCARE SETTINGS**

Adeola Ogunleye, Katarina Schmidt  
University of Ibadan, Nigeria

### **Abstract:**

Understanding cultural influences is pivotal for effective pain management in diverse healthcare environments. This comparative study explores the sociocultural dimensions of pain perception and management among Nigerian Christian women and Somali Muslim immigrant women in palliative care. Semi-structured interviews were conducted with 20 participants to uncover cultural narratives surrounding pain, expressions, and coping mechanisms. Findings reveal significant cultural disparities, with Nigerian participants emphasizing communal support and faith-based healing, while Somali women highlighted stoicism and religious rituals. These differences often result in miscommunication between patients and healthcare providers. The study advocates for culturally tailored nursing interventions, including the integration of family and community resources into care plans, to address cultural sensitivities in pain management effectively. Enhanced training for nurses on cross-cultural communication and cultural competence is recommended to improve patient outcomes in multinational healthcare settings.

**Keywords:** Cultural competence, pain management, palliative care, Nigeria.

## ENHANCING MEDICATION ADMINISTRATION SKILLS THROUGH VIRTUAL SIMULATION IN NURSING EDUCATION

Binta Jallow, Li Wei  
University of Dakar, Senegal

### **Abstract:**

Virtual simulation is emerging as a transformative tool in nursing education, particularly in teaching medication administration. This study evaluates the impact of a virtual simulation program on the competence of nursing students at the University of Dakar, Senegal. The program integrated interactive scenarios and real-time feedback mechanisms to mimic clinical medication administration challenges. A cohort of 50 third-year nursing students participated in the study. Assessments conducted before and after the intervention revealed a marked improvement in accuracy, confidence, and decision-making related to medication administration. Post-intervention feedback highlighted the user-friendly interface and realism of the simulations as key strengths, while areas for improvement included scenario diversity and integration with theoretical modules. The findings underscore the potential of virtual simulation to enhance clinical skills and reduce medication errors, suggesting its broader application across nursing curricula.

**Keywords:** Virtual simulation, nursing education, medication administration, Senegal.

## **PROMOTING CRITICAL THINKING SKILLS IN NURSING STUDENTS THROUGH AN INNOVATIVE PEDAGOGICAL FRAMEWORK**

Clara Otieno, University of Nairobi, Kenya; Arif Rahman, Universitas Padjadjaran, Indonesia

### **Abstract:**

Critical thinking (CT) is a cornerstone of effective nursing practice, enabling students to analyze complex situations and make informed decisions. This study aimed to design and evaluate an innovative pedagogical framework for fostering CT skills among nursing students. The research adopted a mixed-methods approach with two main phases: framework development and implementation. Phase one involved a comprehensive needs assessment and curriculum design, incorporating case-based learning, simulation exercises, and reflective practice. Phase two used a quasi-experimental design with a control group (n = 30) and an experimental group (n = 35) from the University of Nairobi's Nursing Department. Data were collected using the California Critical Thinking Skills Test (CCTST) and semi-structured interviews. Quantitative analysis revealed a statistically significant improvement in CCTST scores in the experimental group compared to the control group (mean difference = 5.7,  $p < 0.01$ ). Qualitative findings highlighted enhanced problem-solving abilities and increased confidence among participants. This pedagogical framework demonstrates significant potential for improving CT skills in nursing education, supporting its integration into broader nursing curricula.

**Keywords:** Critical Thinking, Nursing Education, Pedagogical Framework, Case-Based Learning



## RELAXATION TRAINING AND ITS ROLE IN REDUCING ANXIETY AMONG CLINICAL NURSING STUDENTS

**Author:** Fatima Jameel, Aga Khan University, Pakistan

### **Abstract:**

First-year nursing students often face heightened anxiety during clinical training, impacting their performance and learning outcomes. This study evaluates the effectiveness of a structured relaxation training program in mitigating anxiety. Conducted as a randomized controlled trial, the study involved 60 participants from Aga Khan University's Nursing Faculty, divided into experimental and control groups. The intervention comprised six sessions of guided imagery and progressive muscle relaxation exercises over two weeks. Anxiety levels were assessed using the Spielberg State-Trait Anxiety Inventory before and after the intervention. Results revealed a significant reduction in anxiety scores among the experimental group (mean decrease = 12.4,  $p < 0.05$ ), alongside improvements in physiological parameters such as pulse rate and blood pressure. Students reported enhanced focus and confidence during clinical tasks. The findings emphasize the importance of incorporating relaxation techniques into nursing education to improve student well-being and academic performance.

**Keywords:** Nursing Anxiety, Relaxation Techniques, Clinical Training, Student Well-being



## MONITORING LEGIONELLA CONTAMINATION IN MEDICAL FACILITIES USING ADVANCED PCR METHODS

Eunmi Park, Pusan National University, South Korea; Yusuf Abdi, Addis Ababa University,  
Ethiopia

### **Abstract:**

Legionella species pose a critical health risk in healthcare settings due to their ability to cause severe pneumonia through contaminated water systems. This study investigates the prevalence of *Legionella pneumophila* in hospital and nursing home cooling systems in Addis Ababa, Ethiopia, using advanced PCR techniques. A total of 100 water samples were collected and analyzed for Legionella DNA using semi-nested PCR, targeting the 16S-rDNA sequence. Results showed that 42% of the samples were positive for Legionella spp., with *L. pneumophila* identified in 18% of cases. Significant contamination was observed in older cooling systems with poor maintenance records. The findings underscore the need for stringent water system management and regular monitoring using molecular techniques to minimize health risks in medical facilities.

**Keywords:** Legionella pneumophila, Molecular Diagnostics, Water Safety, Healthcare Facilities

## TEMPERATURE OPTIMIZATION FOR COLD-WATER IMMERSION RECOVERY IN SWIMMERS

Isabella Ferreira, University of Cape Verde, Cape Verde; Lin Zhang, Shanghai University of Sport, China

### **Abstract:**

This study evaluates the effects of varying cold-water immersion (CWI) temperatures on recovery in elite swimmers under tropical conditions. Fifteen athletes underwent three recovery protocols: immersion at 10-15°C, 16-20°C, and a control temperature of 30°C. Performance metrics, including blood lactate levels and perceived exertion, were compared. While all CWI methods facilitated recovery, immersion at 16-20°C resulted in better subjective recovery scores ( $p < 0.05$ ) without compromising physiological outcomes. These findings suggest that moderate CWI temperatures provide optimal recovery experiences, particularly in warm climates, and should be incorporated into athlete recovery protocols.

**Keywords:** Cold-Water Immersion, Athlete Recovery, Tropical Climates, Swimming Performance



## **DESIGNING INTERACTIVE MODULES FOR PERIOPERATIVE NURSING EDUCATION: A PEDAGOGICAL APPROACH**

Jin Ho Park, Fatima Adeyemi

School of Nursing, University of Ibadan, Nigeria

### **Abstract:**

Developing effective educational tools requires an in-depth understanding of pedagogical goals tailored to specific disciplines. This study focuses on creating interactive modules for perioperative nursing education by synthesizing educators' insights and curriculum requirements. Through comprehensive interviews and focus groups with nursing educators, key instructional objectives were identified for the preoperative, intraoperative, and postoperative phases. The findings highlight the necessity of an integrative approach that balances theoretical knowledge with practical application, promoting critical thinking and procedural competence. The proposed modules aim to enhance student engagement by incorporating scenario-based learning and real-time feedback mechanisms. This research underscores the importance of aligning educational technologies with diverse learning styles to achieve optimal outcomes in perioperative nursing training.

**Keywords:** Perioperative nursing, interactive modules, nursing education, pedagogy, educational technology



## **IMPLEMENTING IRT MODELS TO ENHANCE ASSESSMENT ACCURACY IN NURSING EDUCATION**

Tariq Hussein, Sun-Young Kim  
Faculty of Nursing, University of Addis Ababa, Ethiopia

### **Abstract:**

Assessment accuracy is pivotal in evaluating nursing students' competencies, especially in Medical-Surgical Nursing. This study examines the application of Item Response Theory (IRT) to improve the validity and reliability of nursing assessments compared to Classical Test Theory (CTT). A mixed-method design was employed, involving 200 senior nursing students at a university in Ethiopia. Data analysis revealed that IRT provided more nuanced insights into item difficulty and discrimination, identifying specific areas for curricular improvement. Unlike CTT, IRT allowed for individualized feedback based on students' performance profiles, thus supporting targeted interventions. The findings advocate for integrating IRT into nursing education assessment practices to foster precision and fairness in evaluating student proficiency.

**Keywords:** Item Response Theory, nursing education, Medical-Surgical Nursing, assessment accuracy, Ethiopia



## **EXPLORING THE CHALLENGES AND SUPPORT ROLES OF CLINICAL PRECEPTORS IN NURSING EDUCATION**

Nyasha Mugabe, Ahmed Benkacem  
School of Nursing, Al Akhawayn University, Morocco

### **Abstract:**

Clinical preceptors play a crucial role in bridging theoretical knowledge with practical nursing competencies. This study investigates the challenges and experiences of preceptors mentoring undergraduate nursing students in Morocco. Using a qualitative approach, interviews with five preceptors revealed insights into their mentorship practices and the barriers they face, such as limited resources, time constraints, and balancing dual roles as clinicians and educators. Despite these challenges, preceptors displayed resilience and dedication, leveraging their professional expertise to enrich student learning. Recommendations include structured training programs, institutional support, and policies to enhance the preceptorship model, ensuring its sustainability and effectiveness in fostering future nursing professionals.

**Keywords:** Clinical preceptors, nursing mentorship, challenges, Morocco, undergraduate education



## **INTEGRATING NUTRITIONAL INTERVENTIONS INTO CARE PLANS FOR PEDIATRIC CANCER PATIENTS**

Ying Hua Zhang, Carolina Borges

Faculty of Nursing, University of Luanda, Angola

### **Abstract:**

Pediatric cancer care necessitates a multidisciplinary approach, with nutrition playing a critical role in patient outcomes. This study explores the integration of nutritional interventions into comprehensive care plans for pediatric cancer patients in Angola. Using a review of clinical cases and literature, the study identifies barriers such as treatment-induced malnutrition, psychological stress, and systemic healthcare gaps. The findings emphasize the role of nurses in assessing nutritional needs, developing personalized dietary strategies, and collaborating with dietitians and caregivers. Highlighting the impact of malnutrition on recovery rates, the study calls for standardized protocols and training programs to empower nurses in addressing these challenges effectively.

**Keywords:** Pediatric cancer, nutrition, nursing interventions, Angola, care plans



## **IMPACT OF HEALTH PROMOTION INTERVENTIONS ON FEMALE INMATES IN VIETNAMESE CORRECTIONAL FACILITIES**

Linh Tran, Sofia Almeida

Faculty of Public Health, University of Cape Coast, Ghana

### **Abstract:**

Female inmates in correctional facilities represent a marginalized population with unique health needs. This study assesses the effectiveness of nursing-led health promotion interventions in improving the physical health and health behaviors of inmates in Vietnam. Utilizing a quasi-experimental design, the research involved 40 inmates who participated in health education sessions, regular check-ups, and lifestyle counseling. Post-intervention evaluations showed significant improvements in health literacy, adherence to wellness routines, and reduction in preventable conditions. These findings underscore the critical role of correctional nurses in addressing health inequities and advocate for expanding nursing services in similar institutional settings.

**Keywords:** Correctional health, female inmates, nursing interventions, Vietnam, health promotion





## **FOSTERING EFFECTIVE NURSE LEADERSHIP IN CHALLENGING HEALTHCARE CONTEXTS**

Hassan Karim, Thandiwe Ndlovu  
Faculty of Nursing, Kigali University, Rwanda

### **Abstract:**

Nurse leadership is a cornerstone of healthcare improvement, particularly in resource-limited settings. This study explores the attributes and challenges of effective nurse leadership in Iraq, gathering perspectives from frontline ward nurses and senior administrators. A survey of 150 nurses highlighted the importance of communication, clinical expertise, and ethical integrity as key leadership traits. Interviews with 15 senior leaders revealed systemic barriers, including inadequate training opportunities and role ambiguity. The research recommends introducing leadership development programs tailored to the needs of low-resource healthcare systems, fostering a culture of mentorship and innovation among nursing professionals.

**Keywords:** Nurse leadership, healthcare systems, Iraq, leadership development, Rwanda

## RESILIENCE AND COPING MECHANISMS AMONG HEMODIALYSIS PATIENTS IN RURAL COMMUNITIES

**Maria Beatriz Gomes, Diego A. Pereira, Thandiwe Khumalo**

Department of Health Psychology, University of Limpopo, South Africa

### **Abstract:**

Chronic Kidney Disease (CKD) remains a persistent global health challenge, particularly in under-resourced rural settings. This study explores the resilience and coping strategies of CKD patients undergoing hemodialysis in rural healthcare facilities. Using a cross-sectional, quantitative approach, the research involved 120 patients from two rural hemodialysis centers in Limpopo Province, South Africa. Data were gathered through structured interviews utilizing a resilience measurement scale and a coping strategies inventory. The findings revealed a mean resilience score of 128.5 ( $\pm 18.7$ ), with 60% of participants exhibiting high resilience levels. Coping mechanisms were categorized into problem-focused, emotion-focused, and maladaptive strategies, with a notable prevalence of problem-focused coping. Male patients and those with higher educational levels showed significantly higher resilience scores. These insights underline the importance of resilience-focused interventions and psychosocial support in improving the quality of life for CKD patients in rural areas.

**Keywords:** Resilience, hemodialysis, chronic kidney disease, coping strategies, rural healthcare.



## STANDARDIZING NURSING PROTOCOLS FOR PEDIATRIC ORAL CARE IN MALAWI

**Dr. Chisomo Banda, Dr. Mercy Nyirenda**

University: Malawi University of Science and Technology, Malawi

### **Abstract:**

Pediatric oral care, a vital component of comprehensive child health, often lacks standardized nursing protocols in low-resource settings. This study evaluates current practices in pediatric oral care in Malawi, identifying gaps in protocol adherence and education. Data were collected through interviews with 70 nurses across three regional hospitals, complemented by a review of hospital records. Findings reveal inconsistent practices in oral hygiene maintenance, prevention of oral infections, and management of chemotherapy-related oral mucositis. The study recommends the adoption of evidence-based guidelines tailored to local needs, coupled with targeted training programs for nurses. Standardizing protocols is critical for improving pediatric oral health outcomes and aligning with global best practices.

**Keywords:** Pediatric oral care, nursing protocols, standardization, Malawi, evidence-based practices.



## HIGH-FIDELITY SIMULATION AS A TOOL FOR INTERPROFESSIONAL EDUCATION IN SOUTH AFRICA

**E. Sithole, T. Nkosi, M. Mkhize, L. Dlamini, J. Phakathi**

University: Durban University of Technology, South Africa

### **Abstract:**

Simulation-based learning has gained prominence as a method for fostering interprofessional collaboration in healthcare education. This study examines the use of high-fidelity simulation to enhance teamwork among nursing, medical, and pharmacy undergraduates in South Africa. Participants engaged in simulations addressing acute trauma scenarios, with pre- and post-simulation assessments conducted using the Interprofessional Education Collaboration Competency Scale. Results demonstrate significant improvements in students' teamwork skills, communication abilities, and understanding of professional roles. High-fidelity simulation provided a realistic and engaging environment that fostered interprofessional collaboration more effectively than traditional case discussions. These findings highlight the potential of simulation-based education to prepare students for collaborative clinical practice.

**Keywords:** High-fidelity simulation, interprofessional education, teamwork, healthcare training, South Africa.



## **YOGA AS A THERAPEUTIC INTERVENTION FOR CHILDREN WITH CANCER IN GHANA**

**Assist. Prof. Dr. Nana Akua Mensah**

University: Kwame Nkrumah University of Science and Technology, Ghana

### **Abstract:**

Pediatric cancer patients frequently endure significant physical and psychological burdens due to intensive treatments. Yoga, an integrative practice combining physical postures, breathing techniques, and mindfulness, offers a complementary approach to managing these challenges. This study evaluates the impact of yoga interventions on the quality of life of pediatric oncology patients in Ghana. A pilot program involving 45 children aged 6-12 was implemented in collaboration with hospital staff. Participants reported reduced anxiety, improved sleep patterns, and enhanced physical well-being. Statistical analysis confirmed significant improvements in the quality of life metrics post-intervention. These findings suggest that yoga can be an effective, low-cost therapeutic option in resource-limited settings, advocating for its inclusion in pediatric oncology care plans.

**Keywords:** Pediatric oncology, yoga therapy, quality of life, Ghana, integrative medicine.

## **PSYCHOSOCIAL FACTORS INFLUENCING SOCIAL DYSFUNCTION IN SCHIZOPHRENIA PATIENTS IN MEXICO**

Dr. Mariana López, Dr. Juan García, Dr. Karla Sánchez  
University: Universidad Autónoma de Nuevo León, Mexico

### **Abstract:**

Social dysfunction is a profound challenge for schizophrenia patients, particularly those misusing substances like methamphetamines. This study investigates the interplay between psychotic symptoms, social support, stress, and medication adherence in predicting social dysfunction among this population in Mexico. Data were collected from 97 patients using validated assessment tools, analyzed through structural equation modeling. Results highlight psychotic symptoms as the primary determinant of social dysfunction, with stress exacerbating its impact. Conversely, robust social support networks and medication adherence significantly mitigated these effects. These findings underscore the necessity for comprehensive interventions addressing psychosocial and pharmacological dimensions to enhance social integration and quality of life in affected individuals.

**Keywords:** Schizophrenia, social dysfunction, methamphetamine use, psychosocial factors, Mexico.

## COMPARATIVE STUDY OF CARDIO-RESPIRATORY EFFICIENCY AMONG SWIMMERS AND SPRINTERS

John Mwangi, Zhang Wei

Department of Sports Science, University of Nairobi, Kenya

### Abstract:

This research examines the cardio-respiratory efficiency of swimmers and sprinters, focusing on the influence of specific training regimes on respiratory and cardiovascular function. Cardio-respiratory efficiency is an important measure of athletic performance and is influenced by factors such as exercise modality, training intensity, and physiological adaptations. This study compares the cardio-respiratory functions of 20 swimmers and 20 sprinters, aged 18 to 24, using spirometry tests to assess lung capacity and forced expiratory volume. Measurements also included heart rate and blood pressure at rest. Statistical analysis showed significant differences between the two groups, with swimmers demonstrating superior cardio-respiratory efficiency. Specifically, swimmers had higher Forced Vital Capacity (FVC), Forced Expiratory Volume in 1 second (FEV1/FVC), and better overall lung function compared to sprinters, with p-values of 0.009 and 0.001 for FEV1/FVC and FVC, respectively. This study suggests that swimming, due to its aerobic nature and water-based environment, is more effective than sprinting in improving cardio-respiratory efficiency. These findings underline the benefits of aquatic exercises for enhancing lung function and cardiovascular health in athletes.

Keywords: cardio-respiratory efficiency, swimming, sprinting, lung function, spirometry



## **THE CHALLENGE OF MANAGING INTRAMURAL SPORTS IN SECONDARY SCHOOLS: A CASE STUDY FROM LAGOS, NIGERIA**

Abdul Malik Adeyemi, Chijioke Okwara

Department of Physical Education, University of Lagos, Nigeria

### **Abstract:**

This research explores the challenges faced by secondary schools in Lagos, Nigeria, in managing intramural sports programs. The study identifies key barriers, such as insufficient funding, inadequate facilities, and lack of trained personnel, which hinder the effective organization of sports events. A survey of 100 students across four public secondary schools in Lagos was conducted using questionnaires that assessed their perceptions of the sports programs. The data revealed that inadequate financial resources and poor scheduling of activities were the most significant challenges affecting the implementation of these programs. While physical facilities were considered a secondary issue, the study also found that increasing investment in human resources and better planning could significantly improve participation rates in sports. The findings suggest that by addressing these logistical challenges, schools could foster greater student engagement in physical activities, which could have long-term benefits for health and academic performance.

**Keywords:** intramural sports, secondary education, sports management, Nigeria, student engagement



## **IMPACT OF NUTRITIONAL INTAKE ON MUSCLE DEVELOPMENT IN RESISTANCE TRAINING: A FOCUS ON PROTEINS AND CARBOHYDRATES**

Nguyen Thi Lan, Ahmad Kamal  
Faculty of Health Sciences, University of Hanoi, Vietnam

### **Abstract:**

This study investigates the role of protein and carbohydrate intake in optimizing muscle development and body composition in athletes undergoing resistance training. Proper nutrition is essential for enhancing athletic performance and achieving desired physical outcomes, especially in terms of muscle mass and strength. The research involved 30 athletes who were divided into two groups: one group followed a high-protein and carbohydrate-modified diet, while the other maintained a standard diet. After a 12-week training period, body composition was assessed using skinfold calipers and bioimpedance analysis. Results indicated that athletes on the modified diet showed significant increases in lean body mass and muscle strength compared to those on the standard diet. The study suggests that a balanced intake of protein (1.5g/kg) and carbohydrates can significantly enhance muscle development and improve overall performance in resistance training. These findings support the critical role of tailored nutritional strategies in maximizing athletic potential.

**Keywords:** muscle development, protein intake, carbohydrate consumption, body composition, resistance training



## **AERODYNAMIC INTERACTIONS IN TEAM PURSUIT SPEED SKATING: INSIGHT FROM WIND TUNNEL TESTING**

Lars Svensson, Hana Nguyen

Department of Mechanical Engineering, University of Gothenburg, Sweden

### Abstract:

The team pursuit event in long track speed skating involves complex aerodynamic interactions that can greatly affect performance. This study focuses on how synchronized movement and positioning among skaters impact drag force and overall speed. Using a wind tunnel, we analyzed the aerodynamic drag forces experienced by pairs of speed skaters in various postures, including drafting, leading, and side-by-side configurations. The results demonstrated that the skater drafting behind experienced a significant reduction in drag (up to 25%), while the lead skater also saw a modest reduction in drag when closely positioned with the partner. The study further highlights the importance of synchronization in team pursuit events, revealing that optimal drag reduction occurs when skaters are perfectly aligned and moving in sync. This research offers valuable insights for designing more efficient racing strategies in team pursuit events and optimizing aerodynamics in competitive speed skating.

Keywords: aerodynamic drag, speed skating, team pursuit, wind tunnel testing, performance optimization



## **OPTIMIZING PERFORMANCE IN JUDO FOR VISUALLY IMPAIRED ATHLETES: AN AHP APPROACH**

Assoc. Prof. Dr. Carlos Silva, Dr. Marta Lopez  
Faculty of Sports Science, University of Lisbon, Portugal

### **Abstract:**

The performance of visually impaired judo athletes is influenced by multiple factors, ranging from physical conditioning to mental preparation. This study utilized the Analytic Hierarchy Process (AHP) to identify and prioritize the most critical performance factors for judo athletes with visual impairments. A survey of 40 athletes was conducted to assess their perceived performance factors, which were categorized into technical, physical, and psychological domains. The AHP analysis revealed that grappling and throwing techniques were the most important technical skills, while muscular strength and endurance emerged as the top physical factors. Psychological aspects, particularly competitive anxiety, were identified as having a significant impact on performance. This study underscores the importance of addressing both technical and psychological factors in training programs to optimize performance in visually impaired judo athletes.

Keywords: AHP, judo, visually impaired athletes, sports performance, psychological factors

## **PHYSICAL EXERCISE AND ITS IMPACT ON CHEMERIN AND MYOSTATIN LEVELS IN ATHLETES**

Lara Gomez

Department of Physiology, University of Porto, Portugal

### **Abstract:**

This research explores the effects of physical exercise on the levels of chemerin and myostatin, two proteins associated with muscle development and fat metabolism. The study aimed to determine how different types of physical activity impact the regulation of these proteins and, in turn, how they influence muscle growth and fat reduction. A sample of 40 athletes participated in a structured exercise program over a 12-week period, including both resistance and aerobic exercises. Blood samples were taken before and after the training program to measure the levels of chemerin and myostatin. The results showed a significant reduction in myostatin levels, accompanied by an increase in chemerin levels, particularly in those following the resistance training regimen. These findings suggest that targeted physical exercise can positively modulate proteins that are critical for muscle hypertrophy and fat loss, providing valuable insights for designing effective training programs for athletes.

**Keywords:** chemerin, myostatin, physical exercise, muscle development, protein regulation



## **IMPROVEMENTS IN PERFORMANCE MODELS OF COMPRESSORS UNDER VARIED OPERATING CONDITIONS**

Dr. Tomoya Ishida, Prof. Samuel M. Anwar  
Department of Mechanical Engineering, University of Malaya, Malaysia

### **Abstract:**

The study of centrifugal compressor performance and its loading factors is essential for creating accurate performance prediction models. This paper investigates the relationship between the loading factors and flow coefficients, focusing on their application in a non-viscous flow regime. The model explores the key parameters such as loading factor at zero flow rate and the geometry of the impeller blades, emphasizing their linear relationship. Our findings indicate that despite variations in blade thickness, the main influencing factors for performance include blade angle and blade height ratios. Experimental simulations conducted with different impeller configurations show that these parameters have a significant impact on compressor performance. The study proposes generalized equations for estimating loading factor performances under varying conditions and sets the foundation for further research on optimizing centrifugal compressor designs.

**Keywords:** Centrifugal compressors, loading factors, performance models, impeller geometry, flow coefficients.



## **NUMERICAL METHODS IN THE STUDY OF TEMPOROMANDIBULAR DISORDERS: APPLICATIONS AND ADVANCEMENTS**

Amina Youssef, Hiroshi Tanaka  
Department of Mathematical Sciences, Cairo University, Egypt

### **Abstract:**

This paper presents an advanced numerical modeling approach for analyzing occlusion in patients with temporomandibular disorders (TMD) using evolutionary discrete splines. By formulating the problem as an evolutionary partial differential equation, the model incorporates specific boundary conditions pertinent to TMD cases, ensuring robust and reliable predictions. The uniqueness and existence of solutions are demonstrated, followed by a thorough convergence analysis of the proposed discrete splines. Furthermore, a stress analysis is conducted using finite element methods in the FreeFem++ software, validating the proposed model's accuracy. This approach is shown to be effective in capturing the complexities of TMD occlusion, offering new insights for the clinical management of the disorder.

**Keywords:** TMD, discrete splines, evolutionary PDE, finite element analysis, jaw occlusion.



## **OPTIMIZING VOLATILITY FORECASTING WITH NORMALIZED DATA IN LONG-MEMORY MODELS**

Paolo Bianchi, Jin Wei, Alhaji S. Sambo  
Department of Economics, University of Dar es Salaam, Tanzania

### **Abstract:**

This research investigates the normalization of realized volatility data in long-memory models to enhance the accuracy of volatility forecasts. Realized volatility, derived from high-frequency returns, has emerged as a reliable estimator. The study explores normalizing the logarithms of realized volatility within a fractionally integrated long-memory framework to address potential biases in Gaussian assumptions. Through empirical analysis of financial data from the S&P 500 and DAX indices, we find that incorporating normalization leads to significant improvements in forecast accuracy compared to traditional models. The results demonstrate that normalization not only improves the statistical performance but also strengthens the economic relevance of volatility predictions.

**Keywords:** Volatility forecasting, long-memory models, realized volatility, normalization, financial data.



## **IMPROVING LOUDSPEAKER ACOUSTIC PERFORMANCE WITH AIR VISCOSITY OPTIMIZATION**

Dr. Olga Krasnova, Paulo Silva, Daniela G. Ramos  
Department of Acoustics, University of Sofia, Bulgaria

### **Abstract:**

The design optimization of loudspeakers is often limited by air viscosity damping effects, which can reduce sound quality and performance. In this study, we develop an advanced acoustic design tool that accounts for air viscosity, optimizing the material properties and geometric configurations of cone loudspeakers. Our method applies vibration displacement as the primary objective function and uses a novel algorithm for fine-tuning parameters such as cone material, edge construction, and damping effects. The results demonstrate a significant improvement in loudspeaker performance, highlighting the importance of incorporating air viscosity effects in the design process for more accurate and efficient acoustic engineering.

**Keywords:** Loudspeaker design, air viscosity, damping effects, acoustic optimization, vibration displacement.





## **GEOMETRIC PROPERTIES OF LP-SASAKIAN MANIFOLDS WITH CONSTANT COEFFICIENTS**

Lamine F. Diallo, Petra M. Schuster  
Department of Mathematics, University of Nairobi, Kenya

### **Abstract:**

This research explores the geometric properties of quasi-conformally flat LP-Sasakian manifolds with constant coefficients. We establish that such manifolds exhibit characteristics of  $\eta$ -Einstein manifolds and explore their curvature conditions under various settings. In particular, the study shows that when the scalar curvature tensor is constant, the manifold's overall curvature remains constant. These results provide valuable insights into the properties of LP-Sasakian manifolds, contributing to the broader understanding of manifold geometry and its implications in higher-dimensional spaces. This work opens new avenues for further research into the specific conditions under which these manifolds maintain their geometric integrity.

**Keywords:** LP-Sasakian manifolds, constant curvature, quasi-conformal geometry,  $\eta$ -Einstein manifolds, scalar curvature.



## **A NOVEL NUMERICAL APPROACH TO REACTION-DIFFUSION SYSTEMS ON CURVED SURFACES**

Dr. Harith Kamara, Dr. Lina H. Zhen, Dr. John W. Barrow  
Department of Mathematical Sciences, University of Makeni, Sierra Leone

### **Abstract:**

The numerical solution of reaction-diffusion systems on curved surfaces presents significant challenges due to the complexities of the underlying geometry. This paper introduces a novel geometric approach using  $O(r)$ -LTL configuration methods to solve these systems on closed surfaces. The approach integrates local tangential lifting techniques with configuration equations to provide effective estimates of differential quantities on curved surfaces. The method also employs a generalized finite difference approach to accurately approximate the Laplace-Beltrami operator, which is crucial for solving reaction-diffusion equations. Our method not only improves the accuracy of the numerical solutions but also offers a practical and efficient implementation for applications in various scientific fields.

**Keywords:** Reaction-diffusion systems, numerical methods, closed surfaces, geometric approach, Laplace-Beltrami operator.

## RELIABILITY ASSESSMENT OF DATA CENTERS USING LRU ALGORITHM AT EAST AFRICAN UNIVERSITY

A. M. Hassan, Nadia Faye, Kofi Mensah  
North Africa University, Egypt

### **Abstract:**

This study evaluates the reliability and operational performance of data centers at East African University, focusing on Rwanda's Kigali campus. The data center consists of three distinct servers: one dedicated to database management, one acting as a backup, and one facilitating local client connections. A series of reliability metrics, such as availability, mean time to failure (MTTF), and cost-benefit analysis, are assessed to gauge the robustness of the infrastructure. Potential failure scenarios, including router malfunctions, backup server failures, and switch issues, are considered, along with total system breakdowns due to cooling failures, power disruptions, or external events like earthquakes. Failures are mitigated using the Least Recently Used (LRU) algorithm, and failure rates are modeled using exponential time distributions, with repairs modeled through Gumbel-Hougaard family copula distributions, ensuring effective system recovery and fault management.

**Keywords:** Data Center Reliability, MTTF, Gumbel-Hougaard Family Copula, Availability, Backup Systems



## INTEGRATING PROGRAMMING WITH GEOMETRIC CONCEPTS FOR IMPROVED LEARNING OUTCOMES

Maya L. Tanaka, Emmanuel Akinola  
University of Hong Kong, China; University of Ibadan, Nigeria

### **Abstract:**

This paper introduces a novel Python-based application designed to merge the concepts of analytic geometry with programming, enhancing learning outcomes in both fields. The focus is on conic sections and quadrics, which are fundamental to analytic geometry, particularly in transforming equations into their standard forms. Python, due to its user-friendly syntax and efficient reuse of code, serves as an ideal platform for this integration. The study emphasizes how mathematical theory can serve as a stepping stone to learning programming, while conversely, programming tools can simplify the visualization and manipulation of geometric concepts. The application is developed as an independent Python package, specifically designed for students and researchers working with analytic geometry.

**Keywords:** Python Programming, Analytic Geometry, Conic Sections, Quadrics, Educational Tools



## AN ADVANCED APPROACH FOR MODELING DEFORMABLE ELASTIC MEMBRANES IN FLUID INTERACTIONS

Lina Oliveira, Haruto Tanaka, Anwar Ahsan  
University of Ljubljana, Slovenia

### Abstract:

This paper presents an innovative Eulerian framework for modeling the interaction between highly deformable elastic membranes and Newtonian fluids. The approach specifically targets large deformations in elastic membranes, using a simplified model where surface strain energy is dependent on membrane stretching. The method tracks membrane deformations using a level-set approach, updating the surface tension tensor in real-time. Nonlinear equations are solved with a Newton-Raphson technique, ensuring quadratic convergence. Through extensive numerical experiments, the model's robustness and stability in fluid-membrane systems are demonstrated, even with large time steps, providing significant improvements in modeling efficiency and accuracy for fluid dynamics simulations.

**Keywords:** Fluid Dynamics, Membrane Deformations, Eulerian Method, Newton-Raphson Technique, Finite Element Analysis



## **ANALYTICAL METHODS FOR COROTATIONAL MAXWELL FLUIDS IN MANUFACTURING PROCESSES**

**Li Wei Zhang, Olufemi Adewale,**

Institute of Theoretical Physics, University of Vienna, Austria

### **Abstract:**

This paper proposes novel analytical methods for solving the non-linear equations governing the flow of corotational Maxwell fluids in wire coating processes. The study applies the Enhanced Homotopy Perturbation Method (EHPM) and Advanced Homotopy Asymptotic Method (AHAM) to derive accurate analytic approximations of the velocity field in wire coating, under a non-dimensional framework. A comparative study highlights the superiority of EHPM in terms of solution accuracy and practical usability. Further optimization of auxiliary functions within the EHPM framework is explored to improve its precision. These advanced methods can significantly enhance the design and efficiency of industrial wire coating operations.

**Keywords:** Corotational Maxwell Fluid, Wire Coating, Enhanced Homotopy Perturbation Method, Homotopy Asymptotic Method, Fluid Dynamics



## MODELING STOCHASTIC PROCESSES IN POPULATION DYNAMICS WITH CATASTROPHIC EVENTS

**Dr. Leila Martins, Dr. Huan Zhao, Dr. Amina Osei**

Department of Mathematical Sciences, University of Ghana, Accra, Ghana

### **Abstract:**

This study investigates the role of stochastic integrals in population dynamics, focusing on the influence of catastrophic events such as mutations. The research analyzes the differential equations governing mutant populations, deriving the joint generating functions for population processes affected by random catastrophes. First-order and second-order moments are explored for unidirectional mutation models, providing insights into the asymptotic behavior of these systems. The study offers a detailed understanding of how stochastic processes and catastrophic events impact the evolution of populations over time, contributing to the broader field of mathematical biology and ecological modeling.

**Keywords:** Stochastic Processes, Population Dynamics, Catastrophic Events, Mutation Models, Asymptotic Analysis



## OPTIMAL DESIGN FOR BLOCKED EXPERIMENTAL STUDIES: A STATISTICAL APPROACH

**Lian Chen, Fatima Ahmed**

Department of Statistics, University of Tartu, Estonia

### **Abstract:**

This paper explores optimal block design strategies in experimental studies, particularly for two-level factors in scenarios where experimental runs are distributed across multiple blocks of varying sizes. The study focuses on the construction of orthogonal designs that enable effective estimation of main effects relative to block effects. Emphasizing the importance of block size uniformity and specific modular conditions ( $n \equiv 2 \pmod{4}$ ), the research demonstrates the superiority of E-optimal designs in cases where factors are unequally represented. Techniques such as Hadamard matrices and Kronecker products are introduced as key tools in the construction of these optimal experimental designs.

**Keywords:** Block Design, Statistical Analysis, E-optimality, Hadamard Matrices, Experimental Design Methods





## NUMERICAL SOLUTIONS TO DIFFUSION AND CAHN-HILLIARD EQUATIONS ON EVOLVING SPHERICAL GEOMETRIES

**Li Xianjun, Maria Orellana**

Department of Applied Mathematics, University of Lublin, Poland

### **Abstract:**

This study proposes an advanced numerical method for solving diffusion and Cahn-Hilliard equations on evolving spherical geometries, where conservation principles are pivotal. Traditional numerical approaches often compromise conservation laws, leading to less accurate solutions for complex systems. To address this, we introduce a modified finite difference scheme, integrating the divergence theorem, which ensures the preservation of key physical principles on spherical surfaces that change over time. The method is applied to diffusion and Cahn-Hilliard models, demonstrating its effectiveness in maintaining stability and accuracy in simulations. Our results show that this technique provides reliable solutions for problems involving dynamic geometries, where conventional methods tend to fail.

**Keywords:** Diffusion, Cahn-Hilliard equations, numerical methods, spherical surfaces, conservation laws.



## **STABILITY ANALYSIS IN AN EXTENDED ENDOCRINE FEEDBACK SYSTEM MODEL**

**Dr. Alejandro Silva, Dr. Mei Ling Tan**  
University of Porto, Portugal

### **Abstract:**

This research focuses on the dynamic stability of an extended mathematical model for the hypothalamus-pituitary-thyroid (HPT) axis, incorporating both additional couplings and time delays. The model represents various hormonal feedback mechanisms regulating thyroid function. Delays in the system reflect the time required for hormonal transport between glands, which can affect the system's stability. We analyze the influence of these delayed feedback loops on the overall stability of the system and perform numerical simulations to verify the model's behavior under various conditions, including normal and pathological states such as hyperthyroidism. This analysis provides insights into how time delays in feedback systems impact endocrine regulation.

**Keywords:** Feedback systems, stability analysis, endocrine modeling, time delays, thyroid function.



## **DEVELOPMENT OF CLOUD-BASED BIM SOFTWARE FOR CONSTRUCTION MANAGEMENT**

*Hyunsoo Park, Jinwoo Lee*

Department of Civil Engineering, Korea Advanced Institute of Science and Technology  
(KAIST), Daejeon, South Korea

### **Abstract:**

As construction projects become more complex, the integration of Building Information Modeling (BIM) has revolutionized design, simulation, and management processes in the Architecture, Engineering, and Construction (AEC) industry. However, traditional BIM software often comes with high initial costs and limited accessibility. This paper explores the development of a cloud-based BIM system aimed at expanding the use of BIM tools while reducing software costs. By leveraging cloud computing technology, this approach enables access to BIM resources via internet-connected devices such as PCs, tablets, and smartphones, facilitating collaboration across project teams. The study examines successful case studies of BIM and cloud computing integration and highlights the benefits of combining these technologies to improve accessibility, reduce costs, and enhance project outcomes. A simple prototype of cloud-based BIM software was developed for basic BIM model viewing, offering an efficient and cost-effective alternative to traditional software solutions.

**Keywords:** Cloud Computing, BIM, AEC Industry, Building Information Modeling, Construction Management, Cloud-Based BIM Software.



## APPLICATIONS OF CARBON FIBERS IN INDUSTRIAL COMPOSITES

*Ali Rezaei, Ali Farhadi*

Department of Material Engineering, Sharif University of Technology, Tehran, Iran

### **Abstract:**

Carbon fibers are known for their unique properties, including high strength-to-weight ratio and excellent thermal stability, which make them ideal for use in composite materials. These fibers are extensively employed in aerospace, automotive, and construction industries to reinforce polymers, metals, and ceramics. This paper reviews the various applications of carbon fibers in reinforcing composites for structural materials, particularly in lightweight polymers like epoxy, polyester, and polyamides. Due to their superior strength and stiffness compared to traditional materials, carbon fiber-reinforced composites are increasingly replacing metals and plastics in many applications. The research focuses on the latest developments in carbon fiber-reinforced composites and their expanding use in diverse industries, including space, aviation, medical, energy, and electronics. The findings suggest that carbon fibers are poised to play a crucial role in advancing materials technology across various sectors due to their exceptional performance characteristics.

**Keywords:** Carbon Fibers, Polyacrylonitrile, Composites, Reinforcement, Structural Materials, Industrial Applications.



## **ANALYSIS OF SAFETY RISKS IN CONSTRUCTION SITES AND THE PRIORITY OF IMPROVEMENT MEASURES FROM MULTIPLE PERSPECTIVES**

**Jiang Wei, Cheng Yu, Hua Wang**

School of Civil Engineering and Architecture, Harbin Institute of Technology, China

### **Abstract:**

Construction site safety remains a significant concern globally. Identifying the key factors contributing to poor safety conditions is essential to implementing effective measures. This study categorizes the causes of safety issues into four primary areas: worker-related factors, environmental influences, object-related issues, and management practices. Using the Delphi Method, an accident causes element system was established. Structural equation modeling (SEM) was then applied to evaluate the significance of each factor from the perspectives of different roles involved in the construction process. The findings reveal that all four areas require attention, with varying priorities depending on the role. This research provides valuable insights for practitioners to address the most critical factors in improving construction site safety in China.

**Keywords:** construction site safety, Delphi Method, structural equation modeling, safety improvement priorities.

## **STABILITY ASSESSMENT OF STEEL THIN-WALLED BEAMS UNDER LATERAL RESTRAINTS AND THEIR BUCKLING BEHAVIOR**

**Jan Novak, Martin Kováč, Tomáš Vacek**

Department of Civil Engineering, University of Ostrava, Czech Republic

### **Abstract:**

Thin-walled steel members are commonly used in the construction industry, particularly as roof and wall beams. These members are susceptible to stability issues like flexural and lateral torsional buckling, especially due to their slender cross-sections. When lateral restraints are applied, displacement is reduced, leading to an increase in the buckling strength of these members. This study examines the impact of lateral continuous restraints on the critical load and lateral torsional buckling behavior of thin-walled steel beams. By including the effect of restraints in the structural assessment, more efficient and cost-effective design solutions can be achieved. Numerical analysis and simulation results are presented to validate the findings and demonstrate the importance of lateral restraint in enhancing the stability of thin-walled steel structures.

**Keywords:** steel beams, lateral torsional buckling, lateral restraint, numerical analysis, structural stability.

## **MULTI-OBJECTIVE OPTIMIZATION OF DISTRIBUTION SYSTEMS WITH DISTRIBUTED GENERATION USING PARTICLE SWARM OPTIMIZATION (PSO)**

**Farhan Alavi, Shahram Rezaei**

Department of Electrical Engineering, University of Tabriz, Iran

### **Abstract:**

This study addresses the optimal siting and sizing of distributed generation (DG) units in electrical distribution systems to minimize both power losses and the cost of energy not supplied. A multi-objective optimization framework is proposed, utilizing Particle Swarm Optimization (PSO) combined with a weight method to balance the competing objectives. A simulation is performed on a 33-bus distribution test system to evaluate the performance of the proposed approach. The results demonstrate that the optimal placement and sizing of DGs can significantly reduce operational costs, improve system reliability, and ensure more efficient energy distribution. The findings provide useful insights for the design and operation of modern distribution networks with distributed generation.

**Keywords:** distributed generation, PSO, optimization, distribution systems, reliability.



## **DESIGN AND CONTROL OF A HIGH FREQUENCY AC CONVERSION CIRCUIT FOR INDUCTION HEATING APPLICATIONS**

**Ahmed Mohamed, Tarek Soliman**

Department of Electrical Engineering, Cairo University, Egypt

### **Abstract:**

A novel three-phase high-frequency conversion circuit for high-power induction heating applications is presented. The circuit features a dual-mode control strategy combining Pulse Width Modulation (PWM) and Pulse Density Modulation (PDM). This design ensures soft switching operation, allowing for efficient power conversion from utility frequency to high-frequency currents. It is particularly suitable for applications such as steel melting, metal annealing, and surface hardening. The dual-mode control enhances the flexibility of the circuit, enabling fine power regulation from high to low levels. Simulation and experimental results are provided to validate the performance and efficiency of the proposed circuit, demonstrating its suitability for industrial induction heating systems.

**Keywords:** induction heating, AC conversion, high-frequency, PWM, PDM, power regulation.



## **IMPROVED MAXIMUM POWER POINT TRACKING ALGORITHM FOR PHOTOVOLTAIC SYSTEMS**

**Carlos Jiménez, Adrián López**

Department of Electrical Engineering, University of Seville, Spain

### **Abstract:**

This paper proposes an innovative Maximum Power Point Tracking (MPPT) algorithm for photovoltaic (PV) systems to enhance power extraction efficiency. The new algorithm continuously tracks the maximum power point (MPP) of the PV module, adjusting the power output by controlling the Buck converter. A unique ON/OFF control method with hysteresis is employed to optimize the operation. The proposed approach is simple, highly efficient, and adaptable to varying PV module characteristics. Under different irradiance conditions, the algorithm successfully tracks the MPP and maintains the system's efficiency. The experimental and simulation results confirm that the proposed MPPT algorithm improves performance compared to traditional methods.

**Keywords:** photovoltaic, MPPT, energy optimization, power tracking, solar energy.

## OPTIMAL IMPULSE RESPONSE SHORTENING IN DISCRETE MULTITONE TRANSCIVERS USING CONVEX OPTIMIZATION

**Sami Ahmed, Ali Nasser**

Department of Electrical Engineering, University of Alexandria, Egypt

### **Abstract:**

This paper introduces a new criterion for shortening the channel impulse response (IR) in discrete multitone transceivers, focusing on the reduction of intersymbol interference (ISI). The method improves upon the traditional Minimum Mean Square Error (MMSE) approach by optimizing the target impulse response (TIR) without the unit norm constraint, allowing for better performance in multi-carrier systems. A convex optimization framework is used to maximize the determinant of the TIR matrix subject to linear matrix inequalities. Simulation results show significant improvements in ISI mitigation and cyclic prefix overhead reduction, demonstrating the effectiveness of the proposed method for enhancing the performance of discrete multitone systems.

**Keywords:** channel shortening, convex optimization, equalizer, impulse response, multicarrier systems.

## **INHIBITION KINETIC DETERMINATION OF TRACE AMOUNTS OF RUTHENIUM(III) BY THE SPECTROPHOTOMETRIC METHOD WITH RHODAMINE B IN MICELLAR MEDIUM**

**Mohsen Keyvanfard**

Islamic Azad University, Majlessi Branch. Mohsen Keyvanfard is with faculty of Science, Islamic Azad University – Majlessi Branch, Isfahan, Iran

Abstract:

A new, simple and highly sensitive kinetic spectrophotometric method was developed for the determination of trace amounts of Ru(III) in the range of 0.06-20 ng/ml. The method is based on the inhibitory effect of ruthenium(III) on the oxidation of Rhodamine B by bromate in acidic and micellar medium. The reaction was monitored spectrophotometrically by measuring the decreasing in absorbance of Rhodamine B at 554 nm with a fixed time method. The limit of detection is 0.04 ng/ml Ru(III). The relative standard deviation of 5 and 10 ng/ml Ru(III) was 2.3 and 2.7 %, respectively. The method was applied to the determination of ruthenium in real water samples

Keywords: Ruthenium ; Inhibitory; Rhodamine B; bromate

## **BREAST SKIN-LINE ESTIMATION AND BREAST SEGMENTATION IN MAMMOGRAMS USING FAST-MARCHING METHOD**

**Roshan Dharshana Yapa, Koichi Harada**

Department of Information Engineering of the Graduate School of Engineering in Hiroshima University, Japan

Abstract:

Breast skin-line estimation and breast segmentation is an important pre-process in mammogram image processing and computer-aided diagnosis of breast cancer. Limiting the area to be processed into a specific target region in an image would increase the accuracy and efficiency of processing algorithms. In this paper we are presenting a new algorithm for estimating skin-line and breast segmentation using fast marching algorithm. Fast marching is a partial-differential equation based numerical technique to track evolution of interfaces. We have introduced some modifications to the traditional fast marching method, specifically to improve the accuracy of skin-line estimation and breast tissue segmentation. Proposed modifications ensure that the evolving front stops near the desired boundary. We have evaluated the performance of the algorithm by using 100 mammogram images taken from mini-MIAS database. The results obtained from the experimental evaluation indicate that this algorithm explains 98.6% of the ground truth breast region and accuracy of the segmentation is 99.1%. Also this algorithm is capable of partially-extracting nipple when it is available in the profile.

Keywords: Mammogram, fast marching method, mathematical morphology.

## **ENHANCEMENT OF SCATTERER DENSITY IN EDGE AND APPLICATION OF COHERENCE-ENHANCING NONLINEAR ANISOTROPIC DIFFUSION FOR REDUCING MEDICAL ULTRASOUND SPECKLE.**

**Ahmed Badawi, J. Michael Johnson, Mohamed Mahfouz**

University of Tennessee, Knoxville, Biomedical Engineering Department

### Abstract:

This paper proposes new enhancement models to the methods of nonlinear anisotropic diffusion to greatly reduce speckle and preserve image features in medical ultrasound images. By incorporating local physical characteristics of the image, in this case scatterer density, in addition to the gradient, into existing tensorbased image diffusion methods, we were able to greatly improve the performance of the existing filtering methods, namely edge enhancing (EE) and coherence enhancing (CE) diffusion. The new enhancement methods were tested using various ultrasound images, including phantom and some clinical images, to determine the amount of speckle reduction, edge, and coherence enhancements. Scatterer density weighted nonlinear anisotropic diffusion (SDWNAD) for ultrasound images consistently outperformed its traditional tensor-based counterparts that use gradient only to weight the diffusivity function. SDWNAD is shown to greatly reduce speckle noise while preserving image features as edges, orientation coherence, and scatterer density. SDWNAD superior performances over nonlinear coherent diffusion (NCD), speckle reducing anisotropic diffusion (SRAD), adaptive weighted median filter (AWMF), wavelet shrinkage (WS), and wavelet shrinkage with contrast enhancement (WSCE), make these methods ideal preprocessing steps for automatic segmentation in ultrasound imaging.

**Keywords:** Nonlinear anisotropic diffusion, ultrasound imaging, speckle reduction, scatterer density estimation, edge based enhancement, coherence enhancement.



## **T-WAVE DETECTION BASED ON ADJUSTED WAVELET TRANSFORM MODULUS MAXIMA.**

**Samar Krimi, Kaïs Ouni, Nouredine Ellouze**

Systems and Signal Processing Laboratory (LSTS) in the National Engineering School of Tunis

Abstract:

The method described in this paper deals with the problems of T-wave detection in an ECG. Determining the position of a T-wave is complicated due to the low amplitude, the ambiguous and changing form of the complex. A wavelet transform approach handles these complications therefore a method based on this concept was developed. In this way we developed a detection method that is able to detect T-waves with a sensitivity of 93% and a correct-detection ratio of 93% even with a serious amount of baseline drift and noise.

Keywords: ECG, Modulus Maxima Wavelet Transform, Performance, T-wave detection



## **HYBRID ASSOCIATION CONTROL SCHEME FOR OPTIMIZING PERFORMANCE IN WIRELESS NETWORKS**

Sung-Mo Kim, Hyeon-Jeong Park

Department of Electrical Engineering, Pusan National University, Busan, South Korea

### **Abstract:**

This paper proposes a hybrid association control scheme designed to improve the performance of wireless LANs by balancing the load among access points while meeting the demands of multimedia applications. The scheme is formulated through a linear programming model to optimize network efficiency. Through extensive simulations, we evaluate its effectiveness in terms of blocking percentage and the quality of data transfer rates for multimedia and real-time applications. The results reveal that this hybrid control approach significantly outperforms traditional schemes by reducing congestion and enhancing throughput for high-demand traffic.

**Keywords:** Association control, Load balancing, Wireless LANs



## **PROBABILISTIC BROADCASTING IN WIRELESS NETWORKS USING PERCOLATION THEORY**

Li Wei, Zhang Xin

School of Information and Communication Engineering, Beijing University of Posts and Telecommunications, Beijing, China

### **Abstract:**

This paper explores the application of percolation theory to estimate the optimal broadcast probability in wireless ad hoc networks, where broadcasting plays a critical role in routing protocols such as DSR and AODV. By analyzing network topology using percolation theory, we provide a method for determining the broadcast probability as a function of network size. Our findings suggest that operating at optimal broadcast probabilities can significantly reduce redundant packet transmissions by 25-30%, improving overall network efficiency. This theoretical approach provides new insights into the optimization of broadcast operations in wireless ad hoc networks.

**Keywords:** Percolation theory, Broadcast probability, Wireless ad hoc networks



## **PİSTON-PERVANE TAHİRİKLİ TİHA'LARDA DÜŞEY KUYRUK ALT VETER UZUNLUĞUNUN OTONOM SİSTEM KONTROL MALİYETİNE ETKİLERİ**

**Doktora Adayı Barlas ÖZGÜR**

Erciyes Üniversitesi, barlasozgur38@gmail.com - 0000-0001-9337-7496

**Doç. Dr. Fırat ŞAL**

İskenderun Teknik Üniversitesi, firat.sal@iste.edu.tr - 0000-0003-2412-4131

**Dr. Öğr. Üyesi Oğuz KÖSE**

Erzincan Binali Yıldırım Üniversitesi, oguz.kose@erzincan.edu.tr, 0000-0002-8069-8749

**Prof. Dr. Tuğrul OKTAY**

Erciyes Üniversitesi, oktay@erciyes.edu.tr - 0000-0003-4860-2230

### **ÖZET**

Bu bildiri çalışmasında piston-pervane güç grubu tarafından tahrik edilen bir taktik insansız hava aracının (TİHA'nın) düşey kuyruğunun alt veter uzunluğu ile beraber bu TİHA'nın otonom bir şekilde yörünge kontrolünü sağlayan PID tabanlı katmanlı hiyerarşik otonom takip sisteminin kontrolcü kazançları eş zamanlı bir şekilde rassal bir optimizasyon yöntemi olan kısıtlamalı eş zamanlı pertürbasyon rassal yaklaştırım (İngilizce bilinen kısaltması SPSA) ile beraber tekrardan tayin edilip bu dinamik sistemin kontrol maliyeti minimize edilmeye uğraşmıştır. Başlıca tasarım parametresi bu TİHA'nın düşey kuyruğunun alttaki veter uzunluğudur. Bunun neticesinde düşey kuyruğun diğer parametreleri sabit kalır iken yüzey alanı değiştirilebilme şansına haiz olmuştur. Ayrıca hiyerarşik otonom kontrol sisteminin boylamasına ve yanlamasına uçuşların otomatik kontrolünü sağlayan PID kontrolcülerinin 6 adet P, I ve D kazançları da diğer rassal optimization tasarım parametreleridir. Bu bildiri çalışmasında bu 7 takım optimizasyon parametresi üzerinde hem alt hem de üst kısıtlamalarda vardır. Bu eş zamanlı ve rassal tasarım optimizasyon nosyonu neticesinde başlangıç durumuna göre kontrol çabasında kayda bir tasarruf sağlanmıştır. Bu bildiri çalışması Erciyes Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon birimi tarafından FBA-2024-13808 no lu proje kodu ile desteklenmiştir.

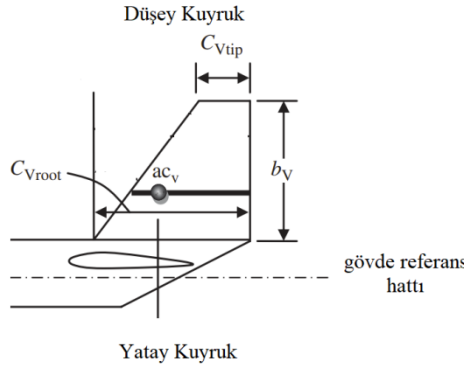
**Anahtar Kelimeler :** TİHA, Düşey Kuyruk, Alt Veter Uzunluğu, Otonom Kontrol Sistemi, Eş Zamanlı Tasarım, Rassal Optimizasyon.

## 1. GİRİŞ

Bu bildiri araştırmasında piston-pervane tahrikli güç grubuna sahip bir taktik insansız hava aracının (TİHA'nın) sahip olduğu düşey kuyruğun alt veter açıklığı ile beraber bu TİHA'nın otonom yörünge takibinde faydalanılan PID tabanlı hiyerarşik uçuş kontrol sisteminin sahip olduğu kontrol kazançları eş zamanlı olarak rassal bir optimizasyon yöntemi olan eş zamanlı pertürbasyon rassal yaklaştırım (İngilizce bilinen kısaltması SPSA) ile tekrardan tasarlanıp bu dinamik sistemin kontrol maliyeti minimize edilmesi çalışılmıştır. Şimdiye kadar özellikle son 10 senede literatürde İHA'larda ve TİHA'lar da uçuş performansını ve/veya otonom performansı en iyilemeye yönelik birçok çalışma olmuştur (bkz. [1-6]). Fakat bu araştırmalarından herhangi birinde İHA/TİHA yapısal parametreleri ile birlikte otonom sistem veya hava aracının uçuş kontrolünde kullanılan sistem eş zamanlı bir şekilde göz önünde bulundurulmamıştır. Bununla beraber en iyi performansı bulmak adına dinamik sistemin ve otonom uçuş kontrolcüsünün beraber eş zamanlı bir şekilde incelenmesinin çok daha faydalı olacağı yadsınamaz bir gerçektir (bkz. [7-8]). Bu bildiri araştırmasında bu gerçek hesaba katılmış ve TİHA ile otonom kontrolünde kullanılan uçuş kontrol sistemi eş zamanlı olacak şekilde tasarlanmıştır. Ayrıca rassal bir optimizasyon yöntemi olan eş zamanlı pertürbasyon rassal yaklaştırım (İngilizce bilinen kısaltması SPSA) ile yeniden değerler saptanıp bu dinamik sistemin kontrol maliyeti mümkün olduğunca minimize edilmeye uğraşmıştır. Öncelikli TİHA tasarım parametresi TİHA düşey kuyruğunun alt veter uzunluğudur. Bu durumdan ötürü düşey kuyruğun diğer mevcut parametreleri sabit iken alanı değiştirilebilme imkânına sahip olmuştur. Ayrıca hiyerarşik otopilot sisteminin boylamasına ve yanlamasına otomatik uçuş kontrolünü sağlayan PID kontrolcülerinin 6 adet tasarım parametresi oluşturan P, I ve D kazançları da diğer tasarım parametreleri olarak mevcuttur. Bu bildiri araştırmasında bu 7 takım optimizasyon parametresi üzerinde hem alt hem de üst kısıtlarda mevcuttur. Bu eş zamanlı ve rassal uçak tasarımı yaklaşımı sayesinde öncelikli başlangıç durumuna göre kontrol maliyetinde çok önemli ölçüde bir tasarruf sağlanacaktır.

## 2. DİNAMİK MODELİN VE UÇUŞ KONTROL SİSTEMİNİN ÖZETİ

Bu bildiri araştırması dâhilinde piston-pervaneli tahrikli güç grubu (İngilizce bilinen adı ile powerplant) barındıran bir taktik insansız hava aracının (TİHA'nın) sahip olduğu düşey kuyruğun alt veter uzunluğu öncelikli tasarım parametresi olarak ele alınmıştır. Aşağıda 1. görsel de düşey kuyruk adına olabilecek başlıca tüm tasarım parametreleri görselleştirilmiştir.



Görsel 1. Düşey kuyruk tüm tasarım parametreleri

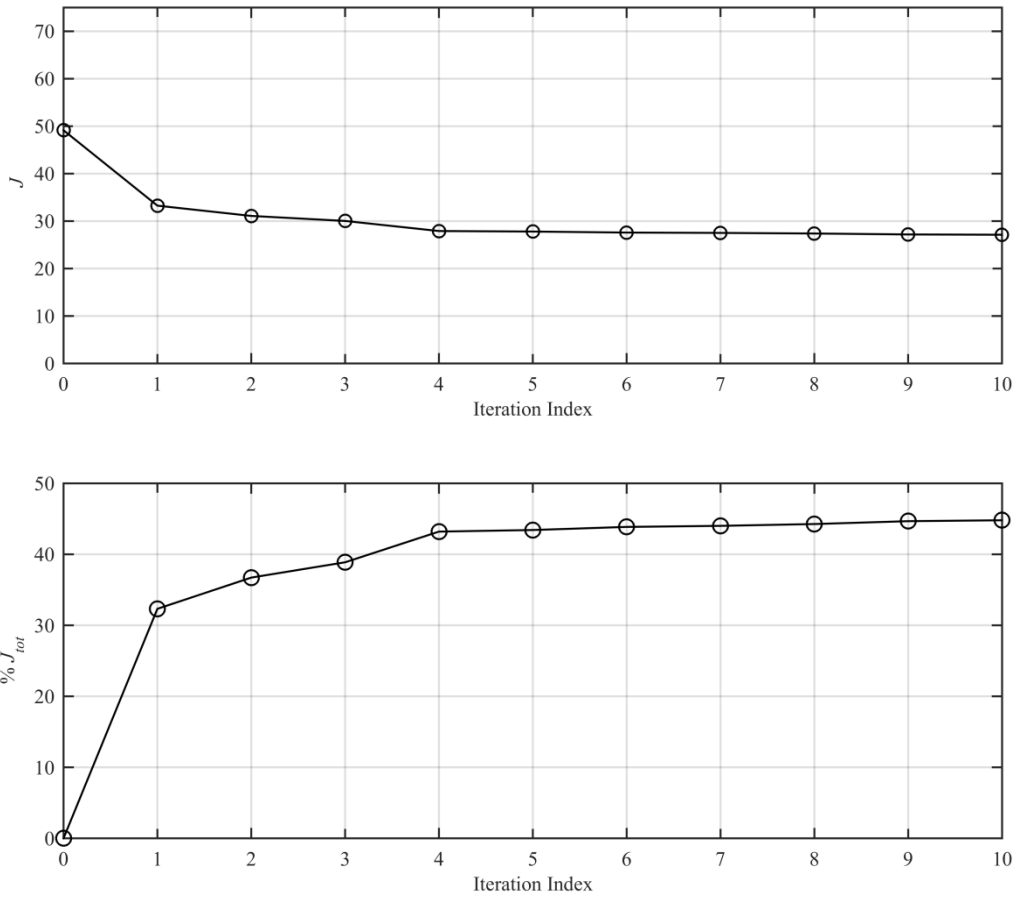
Aşağıda Denklem (1a) ve (1b) de ise dinamik model olarak faydalanılan boylamasına ve yanlamasına durum-uzay modelleri verilmiştir. Bu denklemler yani (1a) ve (1b) için sırası ile Referanslar [9] ve [10] detaylı bir şekilde ele alınabilir.

$$\begin{bmatrix} \dot{x}_j \\ \Delta \dot{u} \\ \Delta \dot{w} \\ \Delta \dot{q} \\ \Delta \dot{\theta} \\ \Delta \dot{h} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X_u & X_w & 0 & -g & 0 \\ Z_u & Z_w & u_0 & 0 & 0 \\ M_u + M_w Z_w & M_w + M_w Z_w & M_q + M_w u_0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ -\sin(\theta_0) & \cos(\theta_0) & 0 & -u_0 \cos(\theta_0) & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_j \\ \Delta u \\ \Delta w \\ \Delta q \\ \Delta \theta \\ \Delta h \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} X_{\delta_T} & X_{\delta_e} \\ Z_{\delta_T} & Z_{\delta_e} \\ M_{\delta_T} + M_w Z_{\delta_T} & M_{\delta_e} + M_w Z_{\delta_e} \\ 0 & 0 \\ 0 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} u_j \\ \Delta \delta_T \\ \Delta \delta_e \end{bmatrix} \quad (1a)$$

$$\begin{bmatrix} \dot{x}_{ja} \\ \Delta \dot{\beta} \\ \Delta \dot{p} \\ \Delta \dot{r} \\ \Delta \dot{\phi} \\ \Delta \dot{\psi} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{Y_p}{u_0} & \frac{Y_r}{u_0} & -(1 - \frac{Y_r}{u_0}) & -\frac{g}{u_0} \cos(\theta_0) & 0 \\ L_p^* + \frac{I_{xz}}{I_{xx}} N_p^* & L_r^* + \frac{I_{xz}}{I_{xx}} N_r^* & L_r^* + \frac{I_{xz}}{I_{xx}} N_r^* & 0 & 0 \\ N_v^* + \frac{I_{xz}}{I_{zz}} L_v^* & N_p^* + \frac{I_{xz}}{I_{zz}} L_p^* & N_r^* + \frac{I_{xz}}{I_{zz}} L_r^* & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \sec(\theta_0) & 0 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_{ja} \\ \Delta \beta \\ \Delta p \\ \Delta r \\ \Delta \phi \\ \Delta \psi \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 & \frac{Y_{\delta_r}}{u_0} \\ L_{\delta_a}^* + \frac{I_{xz}}{I_{xx}} N_{\delta_a}^* & L_{\delta_r}^* + \frac{I_{xz}}{I_{xx}} N_{\delta_r}^* \\ N_{\delta_a}^* + \frac{I_{xz}}{I_{zz}} L_{\delta_a}^* & N_{\delta_r}^* + \frac{I_{xz}}{I_{zz}} L_{\delta_r}^* \\ 0 & 0 \\ 0 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} u_{ja} \\ \Delta \delta_a \\ \Delta \delta_r \end{bmatrix} \quad (1b)$$

### 3. SONUÇLAR VE DEĞERLENDİRME

Bu bölümde piston-pervane motor grubu güç grubuna sahip bir taktik insansız hava aracının (TİHA'nın) düşey kuyruğunun üst veter açıklığı ile birlikte bu TİHA'nın otonom uçuş kontrolünde kullanılan PID bazlı hiyerarşik otopilot sisteminin kontrol kazanç katsayıları eş zamanlı bir şekilde rassal bir optimizasyon yöntemi olan eş zamanlı pertürbasyon rassal yaklaşımla tasarlandıktan sonra elde edilen sonuçlar sunulmuş ve görsel 2 de görselleştirilmiştir.



Görsel 2. SPSA ile elde edilen eniyelenmiş sonuçlar

### 4. GENEL DEĞERLENDİRME VE SONUÇLAR

Bu bildiri araştırması dahilinde piston-pervane tahrikli güç grubuna veya powerplant barındıran bir taktik insansız hava aracının (TİHA'nın) düşey kuyruğunun alt veter uzunluğu ile beraber bu mevcut TİHA'nın otonom uçuş kontrolünü sağlayan PID bazlı hiyerarşik otopilot sisteminin kontrol kazanç katsayıları eş zamanlı olarak rassal bir optimizasyon yöntemi olan eş zamanlı pertürbasyon rassal yaklaşımı (İngilizce bilinen kısaltması SPSA) ile beraber tekrardan tasarlanıp bu mevcut dinamik

sistemin kontrol maliyeti mümkün olduğunca minimize edilmeye çalışılmıştır. Başlıca tasarım parametresi TİHA düşey kuyruğunun alt veter uzunluğudur. Bu şekilde düşey kuyruğun diğer tüm tasarım parametreleri sabit iken alanı artma/azalma yetisine sahip olabilmektedir. Bununla beraber hiyerarşik otopilot sisteminin boylamasına ve yanlamasına otomatik uçuş kontrolünü sağlayan PID kontrolcülerinin 6 adet tasarım parametresini meydana getiren P, I ve D kazançları da diğer tasarım parametreleri olarak bulunmaktadır. Bu bildiri çalışmasında bu 7 takım optimizasyon parametresi üzerinde aynı zamanda hem alt hem de üst kısıtlarda mevcuttur. İlgili eş zamanlı ve rassal tasarım metodolojisi sayesinde mevcut başlangıç durumuna göre kontrol maliyetinde yaklaşık %44 lik bir iyileşme ve tasarruf elde edilmiştir.

## TEŞEKKÜR

Bu bildiri çalışması Erciyes Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon birimi tarafından FBA-2024-13808 no'lu proje kodu ile desteklenmiştir.

## KAYNAKÇA

- [1] Bacci, D. and Vagias, I. A trade-off analysis between lateral/directional stability and radar cross section requirements of an air-to-air combat airframe,” Aerospace Science and Technology, vol. 138, pp. 1-16, 2023.
- [2] Carmona, A. S. and Rejado, C. C. Vee-tail conceptual design criteria for commercial transport aeroplanes,” Chinese Journal of Aeronautics, vol. 32, no. 3, pp. 595-610, 2019.
- [3] Ciliberti, D., Vecchia, P. D., Nicolosi, F., and Marco, A. Aircraft directional stability and vertical tail design: A review of semi-empirical methods,” Progress in Aerospace Sciences, vol. 95, pp. 140-172, 2017.
- [4] Graboswki, T. G. Flight dynamics of unconventional configurations, Progress in Aerospace Sciences, vol. 137, pp. 1-19, 2023.
- [5] Nicolosi F., Vecchia P. D., and Ciliberti D. An investigation on vertical tailplane contribution to aircraft sideforce, Aerospace Science and Technology, vol. 28, pp. 401-416, 2013.
- [6] Nicolosi, F., Ciliberti, D., Vecchia, P. D., and Corcione, S. A. comprehensive review of vertical tail design, Aircraft Engineering and Aerospace Technology, vol.89, no.4., pp. 547-557, 2017.



- [7] Oktay, T. and Sultan, C. Simultaneous Helicopter and Control System Design,” Journal of Aircraft, vol. 50, no. 3, pp. 206-222, 2013.
  
- [8] Oktay, T., Konar, M., Onay, M., Aydin, M., and Abdallah Mohamed, M. Simultaneous Small UAV and Autopilot System Design, Aircraft Engineering and Aerospace Technology, vol.88, no.6, 2016.
  
- [9] Etkin B. and Reid, L. D. (1996), *Dynamics of Flight: Stability and Control*, John Wiley & Sons, New York, chapters 2-6.
  
- [10] Nelson, R. C. (2007), *Flight Stability and Automatic Control*, 2<sup>nd</sup> ed., McGraw-Hill, New York, chapters 2-6.

## MARJİNAL ŞEKİL DEĞİŞTİREBİLEN VTOL İHA SİSTEMİNİN MODELLENMESİ VE OTOPILOT SİSTEMİNİN TASARIMI

**Doktora Adayı Barlas ÖZGÜR**

Erciyes Üniversitesi, barlasozgur38@gmail.com - 0000-0001-9337-7496

**Doç. Dr. Fırat ŞAL**

İskenderun Teknik Üniversitesi, firat.sal@iste.edu.tr - 0000-0003-2412-4131

**Dr. Öğretim Üyesi Enes ÖZEN**

Hasan Kalyoncu Üniversitesi, enes.ozen@hku.edu.tr - 0000-0001-7816-2374

**Prof. Dr. Tuğrul OKTAY**

Erciyes Üniversitesi, oktay@erciyes.edu.tr - 0000-0003-4860-2230

### ÖZET

Bu bildiri çalışmasında, şekil değiştirme yeteneğine sahip bir VTOL (Dikey Kalkış ve İniş Yapabilen) insansız hava aracının (İHA) tasarımı ve matematiksel modellenmesi gerçekleştirilmiştir. Araç, dikey kalkış ve iniş sırasında döner kanatlı bir hava aracı gibi çalışırken, belirli bir irtifaya ulaştığında sabit kanatlı bir hava aracı şekline dönüşmektedir. Bu dönüşüm, uçuş sırasında kanat köklerinde bulunan aktüatörler tarafından sağlanan bir mekanizma ile gerçekleştirilmiştir. Yerdeyken kapalı pozisyonda bulunan kanatlar, yüzeyleri yere dik olacak şekilde konumlanmakta ve motor-pervane sistemi yere paralel bir duruş sergilemektedir. Döner kanatlı hava araçlarındaki gibi pervanelerin ürettiği aerodinamik kuvvet sayesinde dikey kalkış sağlanmaktadır. Kalkışın ardından, belirli bir irtifaya ulaşıldığında, kanatlar 110 derecelik bir dönüş hareketi ile sabit kanatlı bir yapı haline gelmektedir. Dönüşüm tamamlandığında, pervanelerin dönme eksenleri uçuş yörüngesi ile hizalanmaktadır. Bu bildiri çalışmasının temel amacı, uçuşun en kritik kısmı olan geçiş sürecinde yeterli aerodinamik kuvvet üreterek, uçağın mümkün olan en kısa sürede yatay uçuş moduna geçişini sağlamaktır. Dönüşüm sırasında durma hızını mümkün olduğunca düşük tutmak, itki kuvvetleri yerine aerodinamik kuvvetlerin kullanımını en üst düzeye çıkarmak hedeflenmektedir. Bu süreçte düşük sürükleme ve yüksek taşıma/sürüklenme oranı, aerodinamik verimliliğin (L/D) yüksek elde etmek önceliklidir. Alfa maksimum uçuşun gerçekleştiği bu durumda değişken flap sistemleri kullanılarak, biyomimetik yaklaşımdan da faydalanılarak yüzey sürtünmesinin en düşük seviyede tutulması ve maksimum taşıma kuvveti elde edilmesi sağlanmaktadır. Kinematik ve dinamik denklemler kullanılarak kanat dönüş hareketi, pervane itki kuvvetleri ve

aerodinamik kuvvetler analiz edilmiştir. Kalkış, dönüşüm süreci ve sabit kanatlı uçuş performansı, kontrol sistemleriyle modellenmiş ve elde edilen matematiksel yaklaşımlar kullanılarak otopilot tasarımı gerçekleştirilmiştir. Ayrıca, VTOL İHA'nın otopilot sistemi, Simultaneous Perturbation Stochastic Approximation (SPSA) yöntemiyle eşzamanlı olarak tasarlanarak, kontrol sisteminin optimizasyonu sağlanmıştır. Bu bildiri çalışması Erciyes Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon birimi tarafından FBA-2024-13808 no'lu proje kodu ile desteklenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Şekil Değiştirebilen İHA, VTOL, Marjinal Başkalaşım, Sistem Modellenmesi, PID Kontrolcü.

## 1. GİRİŞ

Dikey Kalkış ve İniş Yapabilen (VTOL) insansız hava araçları (İHA'lar), havacılık ve savunma sektörlerinde önemli bir yenilik olarak öne çıkmaktadır. Bu araçlar, sabit kanatlı hava araçlarının yüksek hız ve menzil avantajlarını, döner kanatlı araçların dikey kalkış ve iniş kabiliyetiyle birleştirerek çok yönlü bir performans sunmaktadır. Bu özellikleri sayesinde, VTOL İHA'lar kargo taşımacılığı, gözetleme, afet yönetimi ve askeri operasyonlar gibi çeşitli alanlarda geniş bir kullanım yelpazesine sahiptir [1][2].

VTOL İHA'ların en kritik tasarım zorluklarından biri, dikey uçuş modundan yatay uçuş moduna geçiş sürecidir. Bu geçiş sırasında aerodinamik verimlilikte düşüş, enerji tüketiminde artış ve uçuş stabilitesinde sorunlar yaşanabilmektedir. Bu nedenle, geçiş sürecinin optimize edilmesi, VTOL İHA'ların performansını ve operasyonel etkinliğini artırmak için hayati öneme sahiptir [3].

Bu çalışma, şekil değiştirme yeteneğine sahip yenilikçi bir VTOL İHA tasarımı sunarak bu zorluklara çözüm üretmeyi hedeflemektedir. Tasarlanan araç, döner kanatlı bir hava aracı gibi dikey kalkış yapabilirken, belirli bir irtifaya ulaştığında sabit kanatlı bir hava aracı şekline dönüşmektedir. Bu dönüşüm, kanat köklerine entegre edilen bir aktüatör mekanizması ile sağlanmakta ve uçuş modları arasındaki geçişin hızlı ve verimli bir şekilde gerçekleştirilmesine olanak tanımaktadır. Çalışmanın

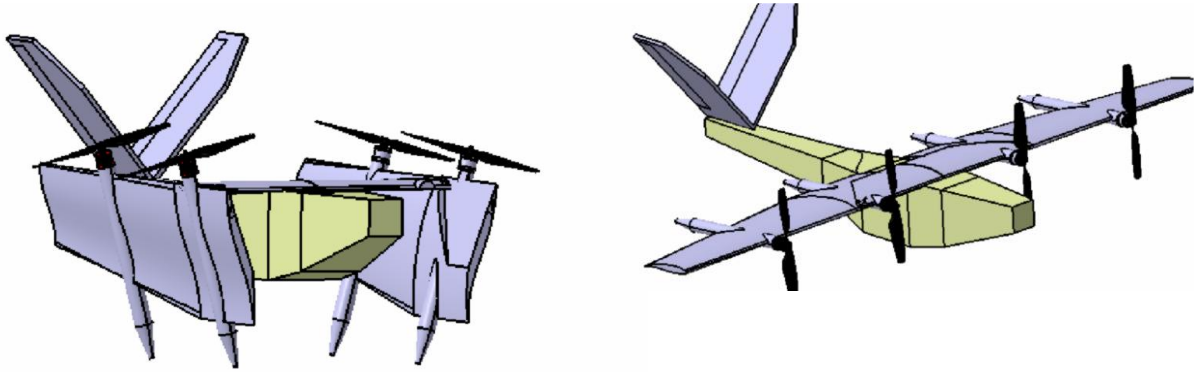


temel amacı, geçiş sürecinde aerodinamik verimliliği en üst düzeye çıkararak durma hızını düşük tutmak, itki kuvvetleri yerine taşıma kuvvetlerinin kullanımını optimize etmek ve düşük sürüklenme ile yüksek taşıma/sürüklenme ( $L/D$ ) oranı elde etmektir [4]. Bunun yanında, kontrol sisteminin tasarımında Simultaneous Perturbation Stochastic Approximation (SPSA) yöntemi kullanılarak otopilot sisteminin geçiş sürecindeki performansı optimize edilmiştir.

Bu bağlamda, çalışma, VTOL İHA'ların aerodinamik ve kontrol sistemlerine yönelik bilimsel katkılar sağlamayı amaçlamaktadır. Geliştirilen tasarımın hem teorik hem de pratik uygulamalara ışık tutarak VTOL teknolojisinin geleceğine yönelik yenilikçi bir yaklaşım sunduğu düşünülmektedir.

## 2. TASARIM VE YAPISAL ÖZELLİKLER

VTOL (Dikey Kalkış ve İniş Yapabilen) insansız hava araçlarının (İHA) tasarımı, hem döner kanatlı hem de sabit kanatlı hava araçlarının avantajlarını birleştirirken, geçiş sürecinin aerodinamik verimliliğini optimize edecek yenilikçi yapısal özellikler içerir. Çalışmanın tasarımı şekil 1 de verildi. Bu çalışmada önerilen tasarımın temel yapı taşları ve tasarım özellikleri şu şekilde özetlenebilir.

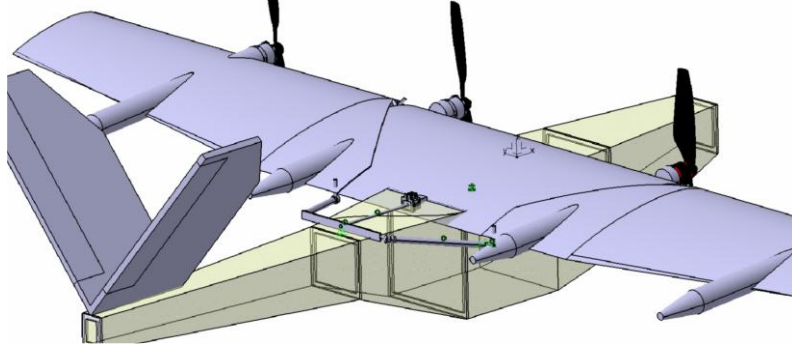


Şekil 1. a) Döner Kanat Hava Aracı Modu b) Sabit Kanat Hava Aracı Modu

### 2.1. Kanat Yapısı ve Şekil Değiştirme Mekanizması

Şekil Değiştirme Yeteneği: Araç, kanat köklerine entegre edilmiş aktüatör mekanizmaları sayesinde döner kanatlı bir yapıdan sabit kanatlı bir yapı haline dönüşebilmektedir. Bu dönüşüm, uçuşun dikey moddan yatay moda geçiş sürecini destekler.

**Katlanabilir Kanatlar:** Kanatlar yerdeyken katlanarak yerden tasarruf sağlamakta ve kalkış sırasında dikey ekseninde çalışarak pervanelerle uyumlu bir şekilde hareket etmektedir. Bu tasarım, hem yer operasyonları hem de hava taşımacılığı açısından avantaj sağlamaktadır. Kanat dönüşüm hareketi için mekanik aktüatör veya ŞHA(Şekil Hafızalı Alaşım) [5] kullanılarak gerçekleştirilebilir.

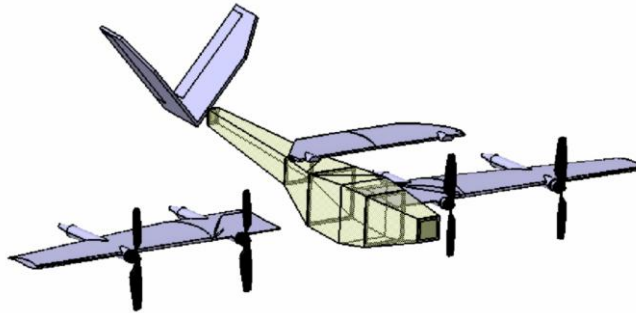


**Şekil 2.** Şekil değiştirme mekanizması

Biomimetik Yaklaşım [6], doğadan ilham alınan kanat tasarımı, taşıma kuvvetini artırmak ve sürüklenmeyi azaltmak için optimize edilmiştir. Değişken flap sistemleri, geçiş sırasında dinamik aerodinamik kontrol sağlar.

## 2.2. Gövde Tasarımı

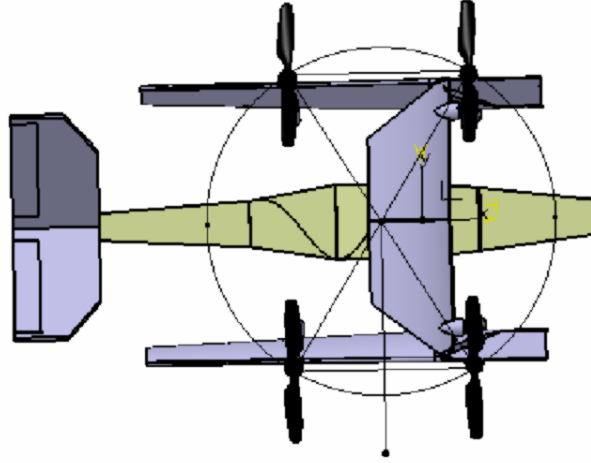
**Hafif ve Dayanıklı Malzeme Kullanımı;** Gövde, karbon fiber, balsa ve kompozit malzemelerden yapılmıştır. Bu malzemeler, hem hafiflik hem de yüksek dayanıklılık sunarak araç performansını artırmaktadır. Modüler tasarım, gövde yapısı, bakım ve onarımı kolaylaştıran modüler bir tasarıma sahiptir. Bu, hem tasarım esnekliği hem de operasyonel kolaylık sağlar.



**Şekil 2.** Hava aracı bileşenleri. 1-Kanat, 2- Gövde, 3- Kuyruk

### 2.3. Motor ve Pervane Sistemi

Çok Motorlu Yapı: Araç, dikey kalkış ve iniş sırasında kullanılan dört motorlu bir döner kanatlı yapı ile çalışır. Yatay uçuş sırasında, motor-pervane sistemi taşıma kuvvetini itki kuvvetine dönüştürecek şekilde hizalanır.



Şekil 3. Döner Kanat (Quadrotor); Pervane 1045

Hava aracı dikey iniş ve kalkış sırasında şekil 3 de verildiği gibi kanatlarını toplar ve quadrotor hava araçlarında olduğu gibi pervaneler aerodinamik kuvvet üretir, bu sayede hava aracı yükselmeye başlar [7]. Diagonal size değeri 320 mm'dir.

### 2.4. Aerodinamik Özellikler

Düşük Sürüklenme ve Yüksek Taşıma/Sürüklenme Oranı, Geçiş sırasında sürüklenme kuvvetini minimize etmek ve taşıma kuvvetini artırmak için optimize edilmiş bir gövde ve kanat yapısı tasarlanmıştır. Hava Akışı Kontrolü, Aerodinamik yüzeyler, taşıma kuvveti ve stabiliteyi artırmak için hassas bir şekilde tasarlanmıştır. Flap ve spoiler sistemleri, uçuş modları arasında denge sağlar.

Hava aracının toplam ağırlığı (Batarya dâhil) 2 kg'dır. Pervanelerin toplam ürettiği kuvvet 2.5 kg'dır. Bu durum hava aracının dikey kalkış yapmasını sağlarken, sabit kanatlı hava aracı modunda düz uçuş için gerekli itki kuvveti karşılanmaktadır.

## 3. MATEMATİKSEL MODEL

VTOL İHA'nın matematiksel modeli, hareket denklemleri, aerodinamik kuvvetler ve itki kuvvetleri gibi temel fiziksel parametreleri kapsar. Bu model, aracın hem dikey kalkış ve iniş modunda hem de

yatay uçuş modunda hareketini anlamak ve kontrol etmek için gereklidir. Matematiksel modelin temel bileşenleri aşağıda açıklanmıştır:

### 3.1. Kinematik Model

Kinematik model, aracın hareketini açıklayan pozisyon, hız ve yönelme değişkenlerini içerir. Kartezyen koordinat sisteminde aracın pozisyonu  $(x,y,z)$  olarak tanımlanır.

Konum, hız ve ivme denklemleri:

$$\dot{x} = v_x, \dot{y} = v_y, \dot{z} = v_z$$

$$\dot{v}_x = \frac{1}{m}(F_x - D_x), \dot{v}_y = \frac{1}{m}(F_y - D_y), \dot{v}_z = \frac{1}{m}(F_z - D_z)$$

Burada  $F_x, F_y, F_z$  toplam kuvvetleri,  $D_x, D_y, D_z$  sürüklenme kuvvetlerini,  $m$  ise aracın kütesini ifade eder.

### 3.2. Dinamik Model

Aracın hareketi, Newton-Euler denklemleri kullanılarak modellenir. Bu denklemler, aracın lineer ve açısal hareketini tanımlar:

Doğrusal hareket:

$$m\ddot{r} = F_{aero} + F_{thrust} - mg$$

Burada  $F_{aero}$  aerodinamik kuvvetler,  $F_{thrust}$  itki kuvvetleri ve  $g$  yerçekimi vektörüdür.

Açısal hareket:

$$I\dot{\omega} + \omega(I\omega) = M$$

Burada  $I$  ataletsel moment matrisi,  $\omega$  açısal hız vektörü ve  $M$  toplam momenttir.

### 3.3. Aerodinamik Kuvvetler

Aerodinamik kuvvetler, taşıma ( $L$ ) ve sürüklenme ( $D$ ) kuvvetlerinden oluşur. Bu kuvvetler aşağıdaki şekilde ifade edilir:

Taşıma Kuvveti:

$$L = \frac{1}{2}\rho v^2 SC_L$$

Sürüklenme Kuvveti:

$$D = \frac{1}{2} \rho v^2 S C_D$$

Burada  $\rho$  hava yoğunluğu,  $v$  hız,  $S$  kanat yüzey alanı,  $C_L$  taşıma katsayısı ve  $C_D$  sürüklenme katsayısıdır.

### 3.4. İtke Kuvvetleri

Döner kanatlı modda pervaneler tarafından üretilen itke kuvvetleri, her motor için şu şekilde hesaplanır:

$$F_{thrust} = C_T \rho n^2 D^4$$

Burada  $C_T$  itke katsayısı,  $n$  pervane dönüş hızı ve  $D$  pervane çapıdır.

### 3.5. Geçiş Süreci Modeli

Kanatların dönüş hareketi, bir aktüatör sistemiyle gerçekleştirilir. Bu hareket  $\theta$  açısı cinsinden ifade edilir:

#### Dönüş Hareketi:

$$\theta(t) = \theta_0 + \Delta\theta \sin(\omega t)$$

Burada  $\theta_0$  başlangıç açısı,  $\Delta\theta$  toplam dönüş açısı değişimi,  $\omega$  ise dönüş frekansdır.

## 4. DEĞERLENDİRME VE SONUÇ

Bu çalışmada, maksimum kalkış ağırlığı 2 kg olan ve döner kanat ile sabit kanat modlarını bir araya getiren VTOL insansız hava aracı tasarımının detayları sunulmuştur. Döner kanat modunda kullanılan dört motorun her biri 750 gramlık aerodinamik kuvvet üretmekte ve bu toplamda 3 kg'lık bir taşıma kuvvetine ulaşarak kalkış için gerekli net pozitif kuvveti sağlamaktadır. Bu sayede araç, etkin ve dengeli bir şekilde dikey kalkış ve havada asılı kalma görevlerini yerine getirebilmektedir. Araç, belirli bir irtifaya ulaştıktan sonra sabit kanat moduna geçiş yaparak daha az enerji tüketen ve daha uzun menzil sunan yatay uçuş aşamasına geçmektedir. Bu geçiş, tasarımın hem aerodinamik hem de kontrol mekanizmalarının uyum içinde çalıştığını göstermiştir.

Elde edilen sonuçlar, döner kanat modunda yüksek denge ve yeterli taşıma kuvveti, sabit kanat modunda ise verimli düz uçuş performansı ile tasarımın öngörülen görev gereksinimlerini başarıyla

karşılığını ortaya koymaktadır. Sabit kanat modunda taşıma kuvveti, kanat geometrisi ve profil optimizasyonu sayesinde etkili bir şekilde sağlanmış, bu durum uçuş süresinin ve menzilin artırılmasında önemli bir rol oynamıştır. Geçiş sürecinde kullanılan kontrol algoritmaları, aracın dinamik stabilitesini koruyarak güvenli bir mod değişimini mümkün kılmıştır.

Gelecekteki çalışmalar, bu tasarımın daha karmaşık görev profillerine adaptasyonu, değişken yük senaryolarında performans analizi ve kontrol sistemlerinin ileri seviye otonom algoritmalarla desteklenmesi üzerine odaklanabilir [8]. Ayrıca, enerji yönetim sistemlerinin geliştirilmesi ve malzeme teknolojisindeki yeniliklerin entegrasyonu, aracın performansını ve operasyonel verimliliğini daha da artırma potansiyeline sahiptir [9]. Bu araştırma, VTOL teknolojisinin çok yönlülüğünü ve farklı uygulama alanlarındaki kullanım potansiyelini vurgulamakta ve gelecekteki çalışmalar için bir temel oluşturmaktadır. SPSA algoritmasının, otopilot tasarımında parametre optimizasyonu ve kontrol algoritmalarının verimliliği açısından sağladığı esneklik, VTOL sisteminin karmaşık dinamiklerine uyum sağlamada büyük bir avantaj sunabilir. Gelecek çalışmalarda bu yaklaşımın entegrasyonu, hem geçiş süreci hem de uçuş kararlılığı açısından önemli katkılar sağlayacaktır.

## TEŞEKKÜR

Bu bildiri çalışması Erciyes Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon birimi tarafından FBA-2024-13808 no'lu proje kodu ile desteklenmiştir.

## KAYNAKÇA

- [1] Mueller, T. J. (2001). "Fixed and Flapping Wing Aerodynamics for Micro Air Vehicles," AIAA Education Series.
- [2] Vuruşkan, A. et. al. (2014). "Design of a Commercial Hybrid VTOL UAV system," Journal of Intelligent & Robotic Systems, vol. 74.
- [3] Çakır H. ve Kurtuluş D. F. (2022). "Design and Aerodynamic Analysis of a VTOL Tilt-Wing UAV," Turkish Journal of Electrical Engineering and Computer Sciences.
- [4] Önal, M., Çoban, S., Yapıcı, A., and Bilgiç, H. H. (2019). "Dikey İniş Kalkış Yapabilen Bir İHA'nın Azami Menzili ve Asgari Güç Gereksinimi İçin En Uygun Uçuş Parametrelerinin Belirlenmesi," Journal of Aviation, vol. 3, no. 2, pp. 106-112.
- [5] Acar, E. and Oktay, T. (2017). "Havacılık ve Uzay Uygulamalarında Şekil Hafızalı Alaşım," Nigde Omer Halisdemir University," Journal of Engineering Sciences, vol.7, pp.335-349.
- [6] Akter, A. Y. and Basak H. (2022). "Design and Analysis of Biomimetics Based Excavator Bucket and Tooth," Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers," Part E: Journal of Process Mechanical Engineering, vol. 236, no. 3, pp. 1167-1175.



[7] Oktay, T. and Özen, E., (2022). “Dynamic Simulation and Investigation of Longitudinal and Lateral Motion of a Morphing Quadrotor,” Research & Reviews in Engineering, (pp.135-158), Ankara: Gece Kitaplığı.

[8] Uzun M. and Oktay T. (2023). "Simultaneous UAV Having Actively Sweep Angle Morphing Wing and Flight Control System Design," Aircraft Engineering and Aerospace Technology, vol.95, no.7, pp. 1062-1068.

[9] Şahin H., Köse O., and Oktay T. (2022). “Simultaneous Autonomous System and Powerplant Design for Morphing Quadrotors” Aircraft Engineering and Aerospace Technology, vol.94, no.8, pp.1228-1241.

## TEŞEKKÜR

Bu bildiri çalışması Erciyes Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon birimi tarafından FBA-2024-13808 no’lu proje kodu ile desteklenmiştir.



## **THE EFFECTIVENESS AND FUTURE OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE APPLICATIONS IN PRODUCTION MANAGEMENT**

**Dr. Gultekin Gurcay**

0000-0001-7043-8145

[gultekingurcay@gmail.com](mailto:gultekingurcay@gmail.com)

### **Abstract**

This paper explores the effectiveness and future prospects of artificial intelligence (AI) applications within the realm of production management. As industries increasingly adopt AI technologies, understanding their impact on production efficiency, quality control, and decision-making processes becomes crucial. This study examines various AI applications, including predictive analytics, automation, and machine learning, assessing their contributions to streamlining operations, reducing waste, and enhancing overall productivity. Through a comprehensive review of recent case studies and empirical data, the findings highlight both the benefits and challenges associated with AI integration in production environments. Furthermore, the paper discusses emerging trends and future directions for AI in production management, emphasizing the importance of adaptability and workforce training in leveraging these technologies effectively. Ultimately, this research aims to provide insights that can guide organizations in harnessing AI to achieve sustainable competitive advantages in an increasingly complex manufacturing landscape.

**Keywords :** Artificial Intelligence, Production Management, Organization





## OPTIMIZATION OF COPPER ELECTROFORMING: AN STUDY ON THE INFLUENCE OF ELECTROFORMING TIME

**Dr. Amaneh Manafidizaji**

Amaneh.manafidizaji@gmail.com

<https://orcid.org/0000-0001-9209-9009>

### **Abstract**

Copper electroforming is a widely utilized technique for manufacturing intricate metallic structures with high precision. This study investigates the influence of electroforming time on the morphological, mechanical, and electrochemical properties of electroformed copper deposits. By systematically varying deposition time under controlled electrolyte composition and current density, we analyze the resulting microstructure, thickness, surface roughness, and hardness of the electroformed layers. Scanning electron microscopy (SEM), X-ray diffraction (XRD), and Vickers microhardness tests were employed to characterize the deposits. The findings reveal a direct correlation between electroforming duration and deposit quality, highlighting an optimal time range that balances growth rate, mechanical integrity, and surface uniformity. This research provides valuable insights for optimizing copper electroforming parameters in industrial applications.

**Keywords:** Copper electroforming, deposition time, microstructure, mechanical properties, surface roughness.



## **INTEGRATING CERAMIC MATERIALS IN INTERIOR DESIGN: ENHANCING AESTHETIC APPEAL AND ACOUSTIC PERFORMANCE**

**Khorram Manafidizaji**

**Anadolu University**

**[Khorram.manafidizaji@anadolu.edu.tr](mailto:Khorram.manafidizaji@anadolu.edu.tr)**

**<https://orcid.org/0000-0002-9788-7933>**

### **Abstract**

Ceramic materials have long been valued for their durability, versatility, and aesthetic richness in architectural applications. In interior design, the integration of ceramics extends beyond visual enhancement to functional improvements, particularly in acoustic performance. This study explores the dual role of ceramic materials in contemporary interior spaces, focusing on their ability to enhance aesthetic appeal through texture, color, and form while simultaneously contributing to sound absorption and noise reduction. By analyzing various ceramic compositions, surface treatments, and installation techniques, the research highlights how ceramics can be optimized for both decorative and acoustic benefits. Case studies of modern interior spaces incorporating ceramic elements demonstrate their effectiveness in creating visually compelling and acoustically balanced environments. The findings suggest that innovative ceramic applications can significantly elevate interior design by merging artistic expression with technical functionality, offering sustainable and high-performance solutions for residential and commercial spaces.

**Keywords:** Ceramic materials, interior design, aesthetics, acoustic performance, sustainability.



European Conferences 7<sup>th</sup> International Conference On Health, Engineering And Applied Sciences  
March 1 - 3, 2025 - Rome  
ISBN NR. : 978-625-5962-30-0