

# PROCEEDING BOOK



# HATTUSAS 1. ULUSLARARASI UYGULAMALI BİLİMLER KONGRESİ



**HATTUSAS 1ST INTERNATIONAL CONFERENCE ON APPLIED SCIENCES  
NOVEMBER 29 - 30, 2024  
CORUM**

ISBN: 978-625-97509-4-1

ACADEMY GLOBAL PUBLISHING HOUSE



*HATTUSAS 1ST INTERNATIONAL CONFERENCE ON APPLIED  
SCIENCES  
NOVEMBER 29 - 30, 2024  
CORUM*

*Edited By*

*PROF. DR. BAŞAK HANEDAN*

**CONGRESS ORGANIZING BOARD**

*Head of Conference : Prof. Dr. Başak Hanedan*

*Head of Organizing Board: Dr Gültekin Gürçay*

*Organizing Committee Member: Prof. Dr. Hülya Çiçek*

*Organizing Committee Member: Prof. Dr. Dwi Solisworo*

*Organizing Committee Member: Prof. Dr. Hajar Huseynova*

*Organizing Committee Member: Prof. Dr. Dody Hartando*

*Organizing Committee Member: Prof. Dr. Yakup Babayev*

*Organizing Committee Member: Assoc. Prof. Dr. Abışov Elşad Şərifxan oğlu*

*Organizing Committee Member: Assoc. Prof. Dr. Abbas Ghaffari*

*Organizing Committee Member: Assoc. Prof. Dr. Elif Akpınar Külekçi*

*Organizing Committee Member: Assoc. Prof. Dr. Feran Aşur*

*Organizing Committee Member: Assoc. Prof. Dr. Nazile Abdullazade*

*Organizing Committee Member: Assoc. Prof. Dr. Raihan Yusoph*

*Organizing Committee Member: Assoc. Prof. Dr. Dini Yuniarti*

*Organizing Committee Member: Assoc. Prof. Ivaylo Staykov*

*Organizing Committee Member: Assist. Prof. Dr. Mahrux Dövlətzadə*

*Organizing Committee Member: Assist. Prof. Dr. K. R. Padma*

*Organizing Committee Member: Dr. Mehdi Meskini Heydarlou*

*Organizing Committee Member: Aynurə Əliyeva*

*Organizing Committee Member: Dr. Amaneh Manafidizaji*

*All rights of this book belong to Academy Conferences Publishing House*

*Without permission can't be duplicate or copied.*

*Authors of chapters are responsible both ethically and juridically.*

*Academy Global–2024 ©*

# CONFERENCE ID

## HATTUSAS 1ST INTERNATIONAL CONFERENCE ON APPLIED SCIENCES

### DATE – PLACE

NOVEMBER 29 - 30, 2024  
CORUM

### ORGANIZATION

ACADEMY GLOBAL CONFERENCES & JOURNALS

### EVALUATION PROCESS

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

### PARTICIPATING COUNTRIES

Turkey – Jordan – China - Libya - Czech Republic - South Korea - Germany  
Thailand – Iran – USA – Taiwan - India – Italy – Canada – Greece – Israel – Egypt –  
Kazakhstan – Japan – Malaysia - Finland

### PRESENTATION

Oral presentation

### ASSOCIATION & ACADEMIC INCENTIVES :

27 papers presented by participating from Turkey and 32 papers from other Countries  
Members of the organizing committees of the conference perform their duties with an  
"official assignment letter"

Issued: 25.12.2024

ISBN: 978-625-97509-4-1

## Scientific & Review Committee

---

Prof. Dr. Ali BİLGİLİ – Türkiye  
Prof. Dr. Naile BİLGİLİ – Türkiye  
Prof. Dr. Başak HANEDAN – Türkiye  
Prof. Dr. Hülya Çiçek KANBUR – Türkiye  
Prof. Dr. Emine KOCA – Türkiye  
Prof. Dr. Fatma KOÇ – Türkiye  
Prof. Dr. Bülent KURTİŞOĞLU – 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. Raihan YUSOPH – Philippines  
Prof. Dr. Akbar VALADBİGİ – Iran  
Prof. Dr. F. Oben ÜRÜ – Türkiye  
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  
Assoc. Prof. Dr. Abdulsemet AYDIN – Türkiye  
Assoc. Prof. Dr. Mehmet Fırat BARAN - Türkiye  
Assoc. Prof. Dr. Dilorom HAMROEVA - Ozbekstan  
Assoc. Prof. Dr. Abbas GHAFARI – Iran  
Assoc. Prof. Dr. Yeliz ÇAKIR SAHİLLİ - Türkiye  
Assoc. Prof. Ivaylo STAYKOV - Bulgaria  
Assoc. Prof. Dr. Dini Yuniarti – Indonesia  
Assoc. Prof. Dr. Ümit AYATA – Türkiye  
Assoc. Prof. Dr. Okan SARIGÖZ – 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  
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. Baurcan BOTAKARAEV - Kazakhstan  
Assist. Prof. Dr. Ahmad Sharif FAKHEER - Jordania  
Assist. Prof. Dr. Gültekin GÜRÇAY – Türkiye  
Assist. Prof. Dr. Dody HARTANTO - Indonesia  
Assist. Prof. Dr. Mehdi Meskini HEYDALOU – Iran  
Assist. Prof. Dr. Bazarhan İMANGALIYEVA - Kazakhstan  
Assist. Prof. Dr. Keles Nurmaşılı JAYLIBAY - Kazakhstan  
Assist. Prof. Dr. Mamatkuli JURAYEV – Uzbekistan  
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 ŞUGAYEVA – Kazakhstan  
Assist. Prof. Dr. K.A. TLEUBERGENOVA - Kazakhstan  
Assist. Prof. Dr. Cholpon TOKTOSUNOVA – Kirgizia  
Assist. Prof. Dr. Hoang Anh TUAN - Vietnam  
Assist. Prof. Dr. Botagul TURGUNBAEVA - Kazakhstan  
Assist. Prof. Dr. Dinarakhan TURSUNALIJEVA - Kirgizia  
Assist. Prof. Dr. Yang ZITONG – China  
Assist. Prof. Dr. Gulmira ABDİRASULOVA – Kazakhstan  
Assist. Prof. Dr. Imran Latif Saifi – South Africa  
Assist. Prof. Dr. Zohaib Hassan Sain – Pakistan  
Assist. Prof. Dr. Murat GENÇ – Türkiye  
Assist. Prof. Dr. Monisa Qadiri – India  
Assist. Prof. Dr. Vaiva BALCIUNIENE – Lithuania  
Assist. Prof. Dr. Meltem AVAN – Türkiye  
Aynurə Əliyeva - Azerbaijan  
Sonali MALHOTRA - India



T.C.  
ATATÜRK ÜNİVERSİTESİ REKTÖRLÜĞÜ  
Veteriner Fakültesi Dekanlığı



Sayı : E-36643897-000-2300315795  
Konu : Görevlendirilme.

05.10.2023

KLİNİK BİLİMLER BÖLÜMÜ BAŞKANLIĞINA

İlgi : 04.10.2023 tarihli ve E-36643897-000-2300313904 sayılı belge.

İlgide kayıtlı yazıda belirtildiği üzere, Bölümünüz Veterinerlik İç Hastalıkları Anabilim Dalı öğretim üyelerinden Prof. Dr. Başak HANEDAN'ın, "Academy Global Conferences & Publishing tarafından önümüzdeki tarihlerde düzenlenecek olan uluslararası kongrelerde; kongre başkanı, kongre düzenleme ve bilim kurulu üyesi olarak görevlendirilmesi Dekanlığımızca uygun görülmüştür.

Bilgilerinizi ve gereğini rica ederim.

Prof.Dr. Yavuz Selim SAĞLAM  
Dekan

Bu belge, güvenli elektronik imza ile imzalanmıştır.

Doğrulama Kodu: c147f559-545f-45be-8400-8eec2b215b38  
Atatürk Üniversitesi Veteriner Fakültesi 25240 Erzurum  
Tel: +90 442 2317222  
Elektronik Ağ: <http://www.atauni.edu.tr/#!birim=veteriner-fakultesi>  
Kep Adresi: atauni@hs01.kep.tr

Doğrulama Adresi: <https://www.turkiye.gov.tr/ataturk-universitesi-ebys>

Bilgi: Derya FINDIK  
Faks: +90 442 2317244  
E-Posta: vetfak@atauni.edu.tr



HATTUSAS 1<sup>ST</sup> INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOCIAL SCIENCES  
HATTUSAS 1<sup>ST</sup> INTERNATIONAL CONFERENCE ON APPLIED  
SCIENCES  
HATTUSAS 1<sup>ST</sup> INTERNATIONAL GROUP EXHIBITION  
November 29 - 30, 2024  
CORUM

**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 aşılmamasını 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 söz konusu 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,



| HATTUSAS 1ST INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOCIAL SCIENCES<br>HATTUSAS 1ST INTERNATIONAL CONFERENCE ON APPLIED SCIENCES<br>HATTUSAS 1ST INTERNATIONAL GROUP EXHIBITION<br>November 29 - 30, 2024<br>CORUM<br>Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224<br>29 Kasım / Nov 29, 2024 / 11:00 – 13:00 Time zone in Turkey (GMT+3) |                              |   |                                                                                           |                                      |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------|---|-------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|
| Salon                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | Moderator                    |   | Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title                                                | Authors                              |
| HALL / SALON 1                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | Assoc. Prof. Dr. Yakup ASLAN | 1 | DIFFERENT TYPES OF ORGANIZATIONAL CULTURE AND EFFECT ON ORGANIZATIONAL STRUCTURE          | Öğr. Gör. Dr. Serap ATEŞ             |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                              | 2 | ÜNİVERSİTE ÖĞRENCİLERİNİ ETKİLEYEN MODERN ZAMAN TUZAKLARI: HİLVAN MYO ÖRNEĞİ              | Öğr. Gör. Dr. Serap ATEŞ             |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                              | 3 | A REVIEW ON ARTIFICIAL INTELLIGENCE, ETHICS AND CONSUMER BEHAVIOR                         | Yüksek Lisans Öğrencisi, Duygu Koçak |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                              | 4 | THE USE OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE TOOLS IN THE CREATIVE PROCESS IN ADVERTISING           | Yüksek Lisans Öğrencisi, Cem YEĞİNER |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                              | 5 | A NEW WINDOW TO ACCOUNTING AUDIT: BLOCKCHAIN TECHNOLOGY                                   | Assoc. Prof. Dr. Yakup ASLAN         |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                              | 6 | THE KEY ISSUE OF INDEPENDENT AUDIT IN THE LIGHT OF LEGISLATION IS PROFESSIONAL SKEPTICISM | Assoc. Prof. Dr. Yakup ASLAN         |

| HATTUSAS 1ST INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOCIAL SCIENCES<br>HATTUSAS 1ST INTERNATIONAL CONFERENCE ON APPLIED SCIENCES<br>HATTUSAS 1ST INTERNATIONAL GROUP EXHIBITION<br>November 29 - 30, 2024<br>CORUM<br>Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224<br>29 Kasım / Nov 29, 2024 / 11:00 – 13:00 Time zone in Turkey (GMT+3) |                             |   |                                                                                                                  |                                                                           |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------|---|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------|
| Salon                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | Moderator                   |   | Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title                                                                       | Authors                                                                   |
| HALL / SALON 2                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | Öğr. Gör. Mert Anıl SARICAN | 1 | DIŞ KAYNAK KULLANIMININ E-LOJİSTİK FAALİYETLERİNE VE FİRMA PERFORMANSINA ETKİLERİ                                | Öğr. Gör. Mert Anıl SARICAN<br>Doç. Dr. Mevhibe AY<br>TÜRKMEN             |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                             | 2 | Makina imalat sektöründe hizmet kalitesine yönelik müşteri tutumlarının analizi                                  | Moatsem Mohammad Awadh<br>Ali AL-ROPEAY<br>Dr. Öğr. Üyesi Metin<br>BAYRAM |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                             | 3 | CONTRIBUTION OF DOCTORS' PROFESSIONAL IDENTITIES TO BRAND PERCEPTION                                             | Furkan<br>KARAHÜSEYİNOĞLU                                                 |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                             | 4 | ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN HEALTHCARE: ECONOMIC EFFICIENCY AND DIGITAL TRANSFORMATION                            | Furkan<br>KARAHÜSEYİNOĞLU                                                 |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                             | 5 | SAĞLIK KURUMLARINDA ÇALIŞAN YÖNETİCİLERİN MERHAMET YORGUNLUĞU İLE İŞ STRESİ İLİŞKİLENDİRİLMESİ; SIVAS İLİ ÖRNEĞİ | Büşra Duda ÜNAL<br>Dr. Öğr. Üyesi Abdullah<br>MISIRLIOĞLU                 |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                             | 6 | THE ROLE AND IMPACT OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN THE DIGITAL TRANSFORMATION OF MARKETING                        | Yüksek Lisans Öğrencisi,<br>TUĞBA GÜNEŞ                                   |

| HATTUSAS 1ST INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOCIAL SCIENCES<br>HATTUSAS 1ST INTERNATIONAL CONFERENCE ON APPLIED SCIENCES<br>HATTUSAS 1ST INTERNATIONAL GROUP EXHIBITION<br>November 29 - 30, 2024<br>CORUM<br>Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224<br>29 Kasım / Nov 29, 2024 / 11:00 – 13:00 Time zone in Turkey (GMT+3) |                        |   |                                                                                                             |                                                                                         |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------|---|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------|
| Salon                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | Moderator              |   | Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title                                                                  | Authors                                                                                 |
| HALL / SALON 3                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | Doç.Dr.Sevda KOÇ AKRAN | 1 | TEACHER CANDIDATES' OPINIONS ON THE CONTRIBUTION OF THEIR INNER SPEAKING BEHAVIORS TO THEIR LANGUAGE SKILLS | Doç.Dr.Sevda KOÇ AKRAN                                                                  |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                        | 2 | İLKOKUL ÇAĞI ÇOCUKLARDA YAPILAN ANTRENMANLARIN ESNEKLİK PERFORMANSI ÜZERİNE ETKİSİNİN İNCELENMESİ           | Doç. Dr. Nurkan YILMAZ                                                                  |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                        | 3 | MİNİKLER KATEGORİSİNDE SPORTİF EĞİTİM ALAN ÇOCUKLARIN 20M KOŞU GELİŞİMLERİNİN İNCELENMESİ                   | Doç. Dr. Nurkan YILMAZ                                                                  |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                        | 4 | DÜZENLİ YAPILAN ANTRENMANLARIN SEÇİLMİŞ SPORTİF BECERİ ÜZERİNE ETKİLERİNİN İNCELENMESİ                      | Doç. Dr. Nurkan YILMAZ                                                                  |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                        | 5 | DALIŞ SPORLARIYLA İLGİLENEN SPORCULARIN YAŞAM DOYUMLARININ İNCELENMESİ                                      | Zülfü GÜNGÖR<br>Dr. Mesut BULUT<br>Prof. Dr. Oğuzhan ALTUNGÜL<br>Dr. Didem YAVUZ SÖYLER |

| HATTUSAS 1ST INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOCIAL SCIENCES<br>HATTUSAS 1ST INTERNATIONAL CONFERENCE ON APPLIED SCIENCES<br>HATTUSAS 1ST INTERNATIONAL GROUP EXHIBITION<br>November 29 - 30, 2024<br>CORUM<br>Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224<br>29 Kasım / Nov 29, 2024 / 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. Ali Murat AKTEMUR | 1  | ARAPGİR SÜLEYMAN YEDEKÇİ EVİ'NİN KALEMİŞİ VE AHŞAP SÜSLEMELERİ                       | Prof. Dr. Ali Murat AKTEMUR                                  |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                             | 2  | ARAPGİR SEHER ATMACA (KEŞİŞ) KONAĞI'NIN MİMARİ VE SÜSLEME ÖZELLİKLERİNİN ANALİZİ     | Prof. Dr. Ali Murat AKTEMUR                                  |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                             | 3  | DECORATIVE FEATURES USED IN TRADITIONAL WOMEN'S HEADGEAR (EXAMPLE OF ÇORUM PROVINCE) | Arş. Gör., MİHRİNAZ SÖYÜK GÜVEN<br>Öğr. Gör., ZEKİYE ŞENTÜRK |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                             | 4  | REFLECTIONS OF HITHIAN THEMED MOTIFS ON COMMERCIAL PRODUCTS                          | Öğr. Gör., ZEKİYE ŞENTÜRK<br>Arş. Gör., MİHRİNAZ SÖYÜK GÜVEN |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                             | 5  | THE EXAMPLE OF KAPALIÇARŞI IN OTTOMAN JEWELLERY                                      | Öğr. Gör. PELİN DEMİRTAŞ DİKMEN                              |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                             | 6  | GELENEKSEL TÜRK RESİM SANATINI KÜBİZM İLE HARMANLAYAN SANATÇI "NURULLAH CEMAL BERK"  | HALİL İBRAHİM GEDİK<br>Prof.Dr.SELDA MANT MENAY              |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                             | 7  | YENİ BİR BEDEN İNŞASININ OLABİLİRLİK SÜRECİ: İNCİ EVİNER                             | RABİA KAYA<br>Prof.Dr.SELDA MANT MENAY                       |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                             | 8  | ELSA SCHIAPARELLI WITH ACCESSORY DESIGNS FAR AHEAD OF THEIR TIME                     | Öğr. Gör. MUSTAFA KULA                                       |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                             | 9  | AYAKKABI TARİHİNDE CİNSİYETSİZ TASARIMLAR                                            | Öğr. Gör. CANAN ERDÖNMEZ                                     |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                             | 10 | CİNSİYETTEN BAĞIMSIZ MODA "GENDER-NEUTRAL"                                           | Öğr. Gör. CANAN ERDÖNMEZ                                     |

| HATTUSAS 1ST INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOCIAL SCIENCES<br>HATTUSAS 1ST INTERNATIONAL CONFERENCE ON APPLIED SCIENCES<br>HATTUSAS 1ST INTERNATIONAL GROUP EXHIBITION<br>November 29 - 30, 2024<br>CORUM<br>Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224<br>29 Kasım / Nov 29, 2024 / 11:00 – 13:00 Time zone in Turkey (GMT+3) |                        |   |                                                                                                                                             |                                                 |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------|---|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------|
| Salon                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | Moderator              |   | Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title                                                                                                  | Authors                                         |
| HALL / SALON 5                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | PROF. DR. MERAL YILMAZ | 1 | DIFFERENCES IN REVISIT INTENTIONS OF MEDICAL TOURISTS                                                                                       | Arş. Gör. Dr., Gamze ALP                        |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                        | 2 | IDENTIFICATION OF LOCAL WEAVINGS WITHIN THE FRAMEWORK OF INFORMATION DISSEMINATION: ANALYSIS OF PROVINCIAL CULTURE AND TOURISM DIRECTORATES | Lecturer, Mustafa BÜYÜKTÜRKMEN                  |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                        | 3 | THE EFFECT OF GEOGRAPHICALLY INDICATED PRODUCTS ON GASTRONOMY TOURISM DESTINATION WITHIN THE FRAMEWORK OF MALATYA PROVINCE                  | RUKİYE BELGİN AKALIN<br>PROF. DR. MERAL YILMAZ  |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                        | 4 | SELJUK TREASURE İN DİVRİĞİ CÜİSİNE: ALATLI PİLAF                                                                                            | PROF. DR. MERAL YILMAZ                          |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                        | 5 | AN ANALYSIS OF THE NEWS LANGUAGE USED BY DEUTSCHE WELLE IN THE CONTEXT OF TURKEY FROM AN ECONOMIC POLICY PERSPECTIVE                        | Eymen BERBER<br>Prof. Dr. Mehmet Gökhan GENEL   |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                        | 6 | ANALYSIS OF THE TRANSMISSION OF SPIRITUAL VALUES THROUGH SERIES WITHIN THE FRAMEWORK OF TRT'S PUBLIC BROADCASTING: THE CASE OF 'GÖNÜL DAĞI' | Sevilay ÇELİK,<br>Prof. Dr. Mehmet Gökhan GENEL |

| HATTUSAS 1ST INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOCIAL SCIENCES<br>HATTUSAS 1ST INTERNATIONAL CONFERENCE ON APPLIED SCIENCES<br>HATTUSAS 1ST INTERNATIONAL GROUP EXHIBITION<br>November 29 - 30, 2024<br>CORUM<br>Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224<br>29 Kasım / Nov 29, 2024 / 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. Rasim AKPINAR<br>Prof, Dr. Ahmet UÇAR | 1 | MANİSA KENT KİMLİĞİNİ ERKEN CUMHURİYET DÖNEMİNDE MANİSA HALKEVİ SÜRELİ YAYINI GEDİZ DERGİSİNDE ARAMAK | Prof, Dr. Rasim AKPINAR<br>Prof, Dr. Ahmet UÇAR |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                                                 | 2 | 1940'LI YILLARDA KÖY TOPLUMSAL YAPI ARAŞTIRMALARININ DÜNYA BUGÜNÜ                                     | Prof, Dr. Rasim AKPINAR<br>Prof, Dr. Ahmet UÇAR |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                                                 | 3 | 'School Foundation' of Kamer Hatun, Wife of the Late Vizier Hüseyin Pasha                             | Doç. Dr. Rümeyza KARS                           |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                                                 | 4 | MERZİFON KAZASINDA OSMANLIDAN CUMHURİYET DÖNEMİNE İNTİKAL EDEN TARİHİ CAMİLER                         | Bil. Uzm. MÜSLÜM BÖREK<br>Doç. Dr. TURGUT İLERİ |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                                                 | 5 | 26 EYLÜL GÜNÜNÜN DİL BAYRAMI OLARAK KABULÜ VE AMASYA'DA 1935-1936 YILI BAYRAM KUTLAMALARI             | Doç. Dr. TURGUT İLERİ                           |



| HATTUSAS 1ST INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOCIAL SCIENCES<br>HATTUSAS 1ST INTERNATIONAL CONFERENCE ON APPLIED SCIENCES<br>HATTUSAS 1ST INTERNATIONAL GROUP EXHIBITION<br>November 29 - 30, 2024<br>CORUM<br>Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224<br>29 Kasım / Nov 29, 2024 / 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., NURİ BAŞUSTA | 1 | ERZİNCAN'IN AĞAÇ VE ÇALI FLORASINA KATKILAR                                                                                     | Prof. Dr. Mustafa KORKMAZ<br>Kadir ASLAN            |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                         | 2 | ERZİNCAN'IN BALLI BİTKİLER FLORASINA KATKILAR                                                                                   | Prof. Dr. Mustafa KORKMAZ<br>Muhammed Burak Tatli   |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                         | 3 | NANOPARTICLE RESIDUES AND NANOTOXICOLOGY                                                                                        | Doktor Öğretim Üyesi,<br>BERNA BAŞ                  |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                         | 4 | ENTRY ROUTES OF NANO-AGROCHEMICALS INTO PLANTS AND THEIR PHYTOTOXIC EFFECTS                                                     | Doktor Öğretim Üyesi,<br>BERNA BAŞ                  |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                         | 5 | OCCURRENCE OF SHORTFIN MAKO SHARK, <i>Isurus oxyrinchus</i> RAFINESQUE, 1810, IN İSKENDERUN BAY (TÜRKİYE)                       | Prof. Dr., NURİ BAŞUSTA<br>Prof. Dr., ASİYE BAŞUSTA |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                         | 6 | FIRST OFFICALLY RECORD OF THE PILOTFISH, <i>Naucrates ductor</i> (LINNAEUS, 1758) IN İSKENDERUN BAY, NORTHEASTERN MEDITERRANEAN | Prof. Dr., NURİ BAŞUSTA<br>Prof. Dr., ASİYE BAŞUSTA |

| HATTUSAS 1ST INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOCIAL SCIENCES<br>HATTUSAS 1ST INTERNATIONAL CONFERENCE ON APPLIED SCIENCES<br>HATTUSAS 1ST INTERNATIONAL GROUP EXHIBITION<br>November 29 - 30, 2024<br>CORUM<br>Meeting ID: 885 7151 8350      Passcode: 202224<br>29 Kasım / Nov 29, 2024 / 11:30 – 13:30 Time zone in Turkey (GMT+3) |                     |   |                                                                                                                   |                                         |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------|---|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------|
| Salon                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | Moderator           |   | Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title                                                                        | Authors                                 |
| HALL / SALON 1                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | Dr.. Masood Uzzafer | 1 | FINANCIAL ANALYSIS ANALOGIES FOR SOFTWARE RISK                                                                    | Dr.. Masood Uzzafer                     |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                     | 2 | AN EVALUATION OF THE OPPORTUNITIES AND CHALLENGES OF WI-FI ADOPTION IN MALAYSIAN INSTITUTIONS                     | Subrahmanyam Kodukula, Nurbuya Maimaiti |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                     | 3 | TOWARDS A SYSTEMATIC, COST-EFFECTIVE APPROACH FOR ERP SELECTION                                                   | Hassan Haghighi, Omid Mafi              |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                     | 4 | INFLUENCE OF LOCUS OF CONTROL AND JOB INVOLVEMENT TO ORGANIZATIONAL CULTURE APPLIED BY EMPLOYEES ON BANK X        | Sri Suwarsi, Dr. Nadia Budianti         |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                     | 5 | DYNAMIC INTERACTION NETWORK TO MODEL THE INTERACTIVE PATTERNS OF INTERNATIONAL STOCK MARKETS                      | Laura Lukmanto, Harya Widiputra, Lukas  |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                     | 6 | FUTURES TRADING: DESIGN OF A STRATEGY                                                                             | Assoc. Prof. Dr. Jan Zeman              |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                     | 7 | MULTIDIMENSIONAL PERFORMANCE MANAGEMENT                                                                           | David Wiese                             |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                     | 8 | THE IMPACT OF SUBSEQUENT STOCK MARKET LIBERALIZATION ON THE INTEGRATION OF STOCK MARKETS IN ASEAN-4 + SOUTH KOREA | Noor Azryani Auzairy, Rubi Ahmad        |

| HATTUSAS 1ST INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOCIAL SCIENCES<br>HATTUSAS 1ST INTERNATIONAL CONFERENCE ON APPLIED SCIENCES<br>HATTUSAS 1ST INTERNATIONAL GROUP EXHIBITION<br>November 29 - 30, 2024<br>CORUM<br>Meeting ID: 885 7151 8350      Passcode: 202224<br>29 Kasım / Nov 29, 2024 / 11:30 – 13:30 Time zone in Turkey (GMT+3) |                            |   |                                                                                                        |                                                          |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------|---|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------|
| Salon                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | Moderator                  |   | Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title                                                             | Authors                                                  |
| HALL / SALON 2                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | Prof. Dr. Chutarat Boontho | 1 | INTELLIGENT MOBILE SEARCH ORIENTED TO GLOBAL E-COMMERCE                                                | Dr. Abdelkader Dekdouk                                   |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                            | 2 | IS MANAGEMENT SCIENCE DOING ENOUGH TO IMPROVE HEALTHCARE?                                              | Lalit Garg, Sally McClean, Maria Barton                  |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                            | 3 | MCRM-S NEW OPPORTUNITIES OF CUSTOMER SATISFACTION                                                      | Cheng Fang Hsu, Shinn-Jong Lin                           |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                            | 4 | AN ECONOMIC ANALYSIS OF PHU KRADUENG NATIONAL PARK                                                     | Prof. Dr. Chutarat Boontho                               |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                            | 5 | THE INVESTIGATION OF THE ROLE OF INSTITUTIONS IN THE PROCESS OF GROWTH AND DEVELOPMENT OF ECONOMY      | Seyed Mohammad Reza Hosseini                             |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                            | 6 | PROPOSING A CONCEPTUAL MODEL OF CUSTOMER KNOWLEDGE MANAGEMENT: A STUDY OF CKM TOOLS IN BRITISH DOTCOMS | Mehdi Shami Zanjani, Roshanak Rouzbehani, Hosein Dabbagh |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                            | 7 | REGINA CONNOLLY, FRANK BANNISTER                                                                       | Regina Connolly, Frank Bannister                         |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                            | 8 | ETAX FILING AND SERVICE QUALITY: THE CASE OF THE REVENUE ONLINE SERVICE                                | Regina Connolly, Frank Bannister                         |

| HATTUSAS 1ST INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOCIAL SCIENCES<br>HATTUSAS 1ST INTERNATIONAL CONFERENCE ON APPLIED SCIENCES<br>HATTUSAS 1ST INTERNATIONAL GROUP EXHIBITION<br>November 29 - 30, 2024<br>CORUM<br>Meeting ID: 885 7151 8350      Passcode: 202224<br>29 Kasım / Nov 29, 2024 / 11:30 – 13:30 Time zone in Turkey (GMT+3) |                       |   |                                                                                                            |                                      |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|---|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|
| Salon                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | Moderator             |   | Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title                                                                 | Authors                              |
| HALL / SALON 3                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | Dr. Andrew Chimpololo | 1 | TOWARD A MODEL FOR KNOWLEDGE DEVELOPMENT IN VIRTUAL ENVIRONMENTS: STRATEGIES FOR STUDENT OWNERSHIP         | N.B. Adams                           |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                       | 2 | THE PROSPECTS AND CHALLENGES OF OPEN LEARNING AND DISTANCE EDUCATION IN MALAWI                             | Dr. Andrew Chimpololo                |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                       | 3 | BETWEEN POLICY OPTIONS AND TECHNOLOGY APPLICATIONS: MEASURING THE SUSTAINABLE IMPACTS ON DISTANCE LEARNING | Subramaniam Chandran                 |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                       | 4 | ACADEMIC STAFF PERCEPTIONS OF THE VALUE OF THE ELEMENTS OF AN ONLINE LEARNING ENVIRONMENT                  | Stuart Palmer,<br>Dale Holt          |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                       | 5 | USING THE STUDENTS-AS-CUSTOMERS CONCEPT IN TECHNOLOGY DISCIPLINES: STUDENTS- PERSPECTIVES                  | Boonlert Watjatrakul                 |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                       | 6 | USING WEBLOG TO PROMOTE CRITICAL THINKING – AN EXPLORATORY STUDY                                           | Huay Lit Woo,<br>Qiyun Wang          |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                       | 7 | THE EXPERIENCES OF SOUTH-AFRICAN HIGH-SCHOOL GIRLS IN A FAB LAB ENVIRONMENT                                | Nomusa Dlodlo, Ronald<br>Noel Beyers |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                       | 8 | EXPLORING SELF-DIRECTED LEARNING AMONG CHILDREN                                                            | Mariani Md Nor,<br>Y. Saeednia       |

| HATTUSAS 1ST INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOCIAL SCIENCES<br>HATTUSAS 1ST INTERNATIONAL CONFERENCE ON APPLIED SCIENCES<br>HATTUSAS 1ST INTERNATIONAL GROUP EXHIBITION<br>November 29 - 30, 2024<br>CORUM<br>Meeting ID: 885 7151 8350      Passcode: 202224<br>29 Kasım / Nov 29, 2024 / 11:30 – 13:30 Time zone in Turkey (GMT+3) |                     |   |                                                                                                                |                                         |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------|---|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------|
| Salon                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | Moderator           |   | Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title                                                                     | Authors                                 |
| HALL / SALON 4                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | Dr. Chantana Instra | 1 | COMPUTER GRAPHICS AND UNDERSTANDING SEMIOTICS IN DESIGN                                                        | Manoj Majhi, Debkumar Chakrabaty        |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                     | 2 | STUDENT SATISFACTION DATA FOR WORK BASED LEARNERS                                                              | Dr. Rosie Borup, Hanifa Shah            |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                     | 3 | AN EVALUATION OF THE USABILITY OF IT FACULTY EDUCATIONAL PORTAL AT UNIVERSITY OF BENGHAZI                      | Nasser M. Amaitik, Mohammed J. El-Sahli |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                     | 4 | CREATING A SPACE FOR TEACHING PROBLEM SOLVING SKILLS TO ENGINEERING STUDENTS THROUGH ENGLISH LANGUAGE TEACHING | Mimi N. A. Mohamed                      |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                     | 5 | HIMMAPAN CREATURES: THE TACTILE TEXTURE DESIGNED FOR THE BLIND                                                 | Dr. Chantana Instra                     |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                     | 6 | TEACHING ENGLISH UNDER THE LMD REFORM: THE ALGERIAN EXPERIENCE                                                 | Naouel Abdellatif Mami                  |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                     | 7 | METHODS OF FORMING INFORMATIONAL CULTURE STUDENTS                                                              | Altynbek Moshkalov                      |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                     | 8 | ONLINE COLLABORATION LEARNING: A WAY TO ENHANCE STUDENTS' ACHIEVEMENT AT KINGDOM OF BAHRAIN                    | Jaflah H. Al-Ammary                     |

| HATTUSAS 1ST INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOCIAL SCIENCES<br>HATTUSAS 1ST INTERNATIONAL CONFERENCE ON APPLIED SCIENCES<br>HATTUSAS 1ST INTERNATIONAL GROUP EXHIBITION<br>November 29 - 30, 2024<br>CORUM<br>Meeting ID: 885 7151 8350      Passcode: 202224<br>29 Kasım / Nov 29, 2024 / 11:30 – 13:30 Time zone in Turkey (GMT+3) |                                |   |                                                                                                                                                                   |                                            |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------|---|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------|
| Salon                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | Moderator                      |   | Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title                                                                                                                        | Authors                                    |
| HALL / SALON 5                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | Assoc. Prof. Dr. Chaiwat Waree | 1 | DETERMINATION OF SKILLS GAP BETWEEN SCHOOL-BASED LEARNING AND LABORATORY-BASED LEARNING IN OMAR AL-MUKHTAR UNIVERSITY                                             | Aisha Othman, Crinela Pislaru, Ahmed Impes |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                | 2 | THE HDH MODEL FOR THE DEVELOPMENT OF CREATIVE STRUCTURAL THINKING AND ITS APPLICATIONS TO OTHER SYSTEMS                                                           | Mosseri Avraham                            |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                | 3 | TEACHING APPROACH AND SELF-CONFIDENCE EFFECT MODEL CONSISTENCY BETWEEN TAIWAN AND SINGAPORE MULTI-GROUP HLM                                                       | PeiWen Liao, Tsung Hau Jen                 |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                | 4 | EFFECTIVENESS OF ICT TRAINING WORKSHOP FOR TUTORS OF ALLAMA IQBAL OPEN UNIVERSITY, PAKISTAN                                                                       | Muhammad Javid Qadir, Abdul Hameed         |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                | 5 | A DEVELOPMENT OF THE MULTIPLE INTELLIGENCES MEASUREMENT OF ELEMENTARY STUDENTS                                                                                    | Assoc. Prof. Dr. Chaiwat Waree             |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                | 6 | A FORMATIVE ASSESSMENT TOOL FOR EFFECTIVE FEEDBACK                                                                                                                | Rami Rashkovits, Ilana Lavy                |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                | 7 | ACTIVE LEARNING STRATEGIES AND ACADEMIC ACHIEVEMENT AMONG SOME PSYCHOLOGY UNDERGRADUATES IN BARBADOS                                                              | Dr. Grace Adebisi Fayombo                  |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                | 8 | A LEARNER-CENTRED OR ARTEFACT-CENTRED CLASSROOM? IMPACT OF TECHNOLOGY, ARTEFACTS, AND ENVIRONMENT ON TASK PROCESSES IN AN ENGLISH AS A FOREIGN LANGUAGE CLASSROOM | Nobue T. Ellis                             |

| HATTUSAS 1ST INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOCIAL SCIENCES<br>HATTUSAS 1ST INTERNATIONAL CONFERENCE ON APPLIED SCIENCES<br>HATTUSAS 1ST INTERNATIONAL GROUP EXHIBITION<br>November 29 - 30, 2024<br>CORUM<br>Meeting ID: 885 7151 8350      Passcode: 202224<br>29 Kasım / Nov 29, 2024 / 11:30 – 13:30 Time zone in Turkey (GMT+3) |                |   |                                                                                                                                                                                              |                                    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------|---|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------|
| Salon                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | Moderator      |   | Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title                                                                                                                                                   | Authors                            |
| HALL / SALON 6                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | Sumita Chowhan | 1 | THE PROJECT EVALUATION TO DEVELOP THE COMPETENCIES, CAPABILITIES, AND SKILLS IN REPAIRING COMPUTERS OF PEOPLE IN JOMPLUAK LOCAL MUNICIPALITY, BANG KHONTHI DISTRICT, SAMUT SONGKRAM PROVINCE | Dr. Wilailuk Meepracha             |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                | 2 | INVESTIGATING INTERFERENCE ERRORS MADE BY AZZAWIA UNIVERSITY 1ST YEAR STUDENTS OF ENGLISH IN LEARNING ENGLISH PREPOSITIONS                                                                   | Aimen Mohamed Almaloul             |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                | 3 | ENTREPRENEUR UNIVERSAL EDUCATION SYSTEM: FUTURE EVOLUTION                                                                                                                                    | Khaled Elbehiery, Hussam Elbehiery |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                | 4 | GUIDELINES FOR DEVELOPING, SUPERVISING, ASSESSING AND EVALUATING CAPSTONE DESIGN PROJECT OF BSC IN ELECTRICAL AND ELECTRONIC ENGINEERING PROGRAM                                             | Muhibul Haque Bhuyan               |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                | 5 | ON THE ALLOPATRY OF NATIONAL COLLEGE ENTRANCE EXAM IN CHINA: THE ROOT, POLICY AND STRATEGY                                                                                                   | Dr. Shi Zhang                      |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                | 6 | COMPUTER AIDED LANGUAGE LEARNING SYSTEM FOR ARABIC FOR SECOND LANGUAGE LEARNERS                                                                                                              | Osama Abufanas                     |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                | 7 | ACADEMIC PERFORMANCE OF ENGINEERING STUDENTS: THE ROLE OF ABILITIES & LEARNING STYLE                                                                                                         | Sumita Chowhan                     |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                | 8 | PAY DIFFERENTIALS AND EMPLOYEE RETENTION IN THE STATE COLLEGES OF EDUCATION IN THE SOUTH-SOUTH ZONE, NIGERIA                                                                                 | Emmanuel U. Ingwu                  |



| HATTUSAS 1ST INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOCIAL SCIENCES<br>HATTUSAS 1ST INTERNATIONAL CONFERENCE ON APPLIED SCIENCES<br>HATTUSAS 1ST INTERNATIONAL GROUP EXHIBITION<br>November 29 - 30, 2024<br>CORUM<br>Meeting ID: 885 7151 8350      Passcode: 202224<br>29 Kasım / Nov 29, 2024 / 11:30 – 13:30 Time zone in Turkey (GMT+3) |                         |   |                                                                                                             |                            |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|---|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------|
| Salon                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | Moderator               |   | Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title                                                                  | Authors                    |
| HALL / SALON 7                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | Nicoletta Adamo-Villani | 1 | COMMUNITIES OF INTEREST: THREE UNIQUE CASE STUDIES IN WIDER UNIVERSITY AND SCHOOL PARTNERSHIPS IN AUSTRALIA | M. Zeegers, D. Barron      |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                         | 2 | ENHANCING LEARNING EXPERIENCES IN OUTCOME BASED HIGHER EDUCATION: A STEP TOWARDS STUDENT CENTERED LEARNING  | K. Kumpas                  |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                         | 3 | KEY FACTORS OF CURRICULUM INNOVATION IN LANGUAGE TEACHER EDUCATION                                          | Dr. Liliana Măță           |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                         | 4 | IMPROVING THE QUALITY OF E-LEARNING COURSES IN HIGHER EDUCATION THROUGH STUDENT SATISFACTION                | Susana Lemos, Neuza Pedro  |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                         | 5 | THE DEVELOPMENT OF A TEACHERS- SELF-EFFICACY INSTRUMENT FOR HIGH SCHOOL PHYSICAL EDUCATION TEACHER          | Assis. Prof. Yi-Hsiang Pan |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                         | 6 | CREATIVITY: A MOTIVATIONAL TOOL FOR INTEREST AND CONCEPTUAL UNDERSTANDING IN SCIENCE EDUCATION              | Thienhuong Hoang           |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                         | 7 | A VIRTUAL LEARNING ENVIRONMENT FOR DEAF CHILDREN: DESIGN AND EVALUATION                                     | Nicoletta Adamo-Villani    |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                         | 8 | DIGITAL NARRATIVE AS A CHANGE AGENT TO TEACH READING TO MEDIA-CENTRIC STUDENTS                              | Robert F. Kenny            |

| HATTUSAS 1ST INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOCIAL SCIENCES<br>HATTUSAS 1ST INTERNATIONAL CONFERENCE ON APPLIED SCIENCES<br>HATTUSAS 1ST INTERNATIONAL GROUP EXHIBITION<br>November 29 - 30, 2024<br>CORUM<br>Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224<br>29 Kasım / Nov 29, 2024 / 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. Demokaan DEMİREL | 1 | A SOCIO-POLITICAL STUDY ON THE BACK GARDEN OF POLITICAL ASSASSINATIONS IN GENERAL LINES IN THE USA FROM LINCOLN TO TRUMP | Dr. Ört. Üyesi, Erden KİŞİ                       |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                           | 2 | SAĞLIK HİZMETLERİNDE HASTA MEMNUNİYETİNİN VERİMLİLİK ve KALİTE ALGISI ÜZERİNDEKİ ETKİSİ: GAZİ HASTANESİ ÖRNEĞİ           | Doç. Dr. Demokaan DEMİREL                        |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                           | 3 | II. ABDÜLHAMİT DÖNEMİNDE BÜROKRATİK MODERNLEŞME                                                                          | Doç. Dr. Demokaan DEMİREL                        |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                           | 4 | PROGRESS AND CHALLENGES IN ACHIEVING THE SUSTAINABLE DEVELOPMENT GOALS: INSIGHTS FROM THE 2016–2024 UN SDG REPORTS       | Doç. Dr. TUNA BATUHAN                            |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                           | 5 | ASSESSMENT OF 2026 WINTER OLYMPICS HOST CITIES: AN ENTROPY AND GREY RELATIONAL ANALYSIS                                  | Doç. Dr. TUNA BATUHAN                            |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                           | 6 | CONSERVATION PLAN IN TERMS OF PLAN HIERARCHY                                                                             | Av. Cengiz Ozan ÖRS                              |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                           | 7 | TÜRKİYE’DE UYGULANAN VERGİ POLİTİKALARININ RASYONEL BEKLENTİLER TEORİSİ AÇISINDAN DEĞERLENDİRİLMESİ                      | Prof. Dr. HAKKI M. AY<br>Öğr. Gör NİHAL GÜNEŞ AY |

| HATTUSAS 1ST INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOCIAL SCIENCES<br>HATTUSAS 1ST INTERNATIONAL CONFERENCE ON APPLIED SCIENCES<br>HATTUSAS 1ST INTERNATIONAL GROUP EXHIBITION<br>November 29 - 30, 2024<br>CORUM<br>Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224<br>29 Kasım / Nov 29, 2024 / 15:00 – 17:00 Time zone in Turkey (GMT+3) |                         |   |                                                                                                                  |                                                     |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|---|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|
| Salon                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | Moderator               |   | Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title                                                                       | Authors                                             |
| HALL / SALON 2                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | Doç. Dr. Ercan ŞAHBUDAK | 1 | RE-TRANSFORMATION OF PUBLIC SPACE AND ART: IN THE EXAMPLE OF GRAFFITI ART                                        | Doç. Dr. Ercan ŞAHBUDAK<br>Tuğçe ŞENOCAK            |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                         | 2 | INVESTIGATION OF THE RELATIONSHIP BETWEEN CYBERBULLYING AND CYBER VICTIMIZATION IN TERMS OF GENDER AMONG YOUTH   | Öğr. Gör. Ahmet TÜRK<br>Öğr. Gör. Cezmi ERVÜZ       |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                         | 3 | SAĞLIK ÇALIŞANLARININ İKLİM DEĞİŞİKLİĞİ FARKINDALIK VE EKO ANKSİYETE DÜZEYLERİNİN İNCELENMESİ: MARDİN 112 ÖRNEĞİ | Ziynet ORHAN<br>Dr. Öğr. Üyesi Abdullah MISIRLIOĞLU |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                         | 4 | ANTROPOZEN ÇAĞIN BAŞINDA İNSAN FAKTÖRÜ                                                                           | Prof. Dr. HAKKI M. AY<br>Öğr. Gör. NİHAL GÜNEŞ AY   |

| HATTUSAS 1ST INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOCIAL SCIENCES<br>HATTUSAS 1ST INTERNATIONAL CONFERENCE ON APPLIED SCIENCES<br>HATTUSAS 1ST INTERNATIONAL GROUP EXHIBITION<br>November 29 - 30, 2024<br>CORUM<br>Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224<br>29 Kasım / Nov 29, 2024 / 15:00 – 17:00 Time zone in Turkey (GMT+3) |                         |   |                                                                                                                                  |                                                        |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|---|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|
| Salon                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | Moderator               |   | Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title                                                                                       | Authors                                                |
| HALL / SALON 3                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | Prof. Dr. Mehmet SAĞLAM | 1 | TÜRKİYE'DE OKULLAŞMA ORANLARI İLE TOPLUMSAL DEĞİŞİM ARASINDAKİ İLİŞKİ                                                            | Prof. Dr. Mehmet SAĞLAM                                |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                         | 2 | TÜRKİYE'DE EĞİTİM POLİTİKALARININ YÜKSEKÖĞRETİME YANSIMASI                                                                       | Prof. Dr. Mehmet SAĞLAM                                |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                         | 3 | THE ROLE OF PRAYERS IN CHILDREN'S RELIGIOUS DEVELOPMENT JOURNEYS.                                                                | Dr. Öğr. Üyesi Emre YILMAZ                             |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                         | 4 | EVALUATION OF THE FUNCTIONALITY IN THE RELIGIOUS AND MORAL DEVELOPMENT PROCESS IN THE BOOK "40 VERSES FOR CHILDREN WITH STORIES" | Dr. Öğr. Üyesi Emre YILMAZ                             |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                         | 5 | KURULUŞ DÖNEMİNDE İMAM HATİP OKULLARI VE TOKAT İMAM HATİP OKULUNUN ÇEŞİTLİ DEĞİŞKENLERİYLE KARŞILAŞTIRMALI OLARAK İNCELENMESİ    | Abdullah KALKAN<br>Prof. Dr. Mehmet SAĞLAM             |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                         | 6 | 5. SINIF ÖĞRENCİLERİNİN KÜP YÜZEY ALANI BİLGİSİNİ OLUŞTURMA SÜRECİNİN RBC MODELİNE GÖRE İNCELENMESİ                              | Öğretmen Nurgül BÜTÜNER<br>Prof. Dr. Gül KALELİ YILMAZ |

| HATTUSAS 1ST INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOCIAL SCIENCES<br>HATTUSAS 1ST INTERNATIONAL CONFERENCE ON APPLIED SCIENCES<br>HATTUSAS 1ST INTERNATIONAL GROUP EXHIBITION<br>November 29 - 30, 2024<br>CORUM<br>Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224<br>29 Kasım / Nov 29, 2024 / 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. Serdal KARA | 1 | CHEMICAL SCIENCE ACCORDING TO 16TH CENTURY TRANSLATION OF 12TH CENTURY A PERSIAN WORK | Doç. Dr. Serdal KARA                      |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                      | 2 | INFANTICIDE and EUTHANASIA in THE PLAY ALAN'S WIFE                                    | K. ÇİĞDEM YILMAZ, Ph.D.                   |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                      | 3 | "DEDEM BİR KİRAZ AĞACI" ADLI ROMANIN TEMATİK AÇIDAN İNCELENMESİ                       | Adem ÖZDEMİR<br>Doç. Dr. Erhan ŞEN        |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                      | 4 | "SİHİRLİ ŞEHİR" ADLI DİSTOPİK TÜRDEKİ ÇOCUK ROMANI ÜZERİNE BİR İNCELEME               | Nimetullah GÖKTEKİN<br>Doç. Dr. Erhan ŞEN |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                      | 5 | FREİRE ELEŞTİREL PEDAGOJİ KİTABININ EĞİTİM AÇISINDAN DEĞERLENDİRİLMESİ                | Seda YURTSEVEN                            |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                      | 6 | BUGÜN TÜRKİYE'DE FELSEFE ÇALIŞMAK                                                     | Dr.Öğr.Üyesi, TUNCAY TURNA                |

| HATTUSAS 1ST INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOCIAL SCIENCES<br>HATTUSAS 1ST INTERNATIONAL CONFERENCE ON APPLIED SCIENCES<br>HATTUSAS 1ST INTERNATIONAL GROUP EXHIBITION<br>November 29 - 30, 2024<br>CORUM<br>Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224<br>29 Kasım / Nov 29, 2024 / 15:00 – 17:00 Time zone in Turkey (GMT+3) |                        |   |                                                                                        |                                                                  |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------|---|----------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------|
| Salon                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | Moderator              |   | Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title                                             | Authors                                                          |
| HALL / SALON 5                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | Assoc. Dr MESUT ŞÖHRET | 1 | MAIN FACTORS CAUSING THE ARAB SPRING                                                   | Assoc. Dr MESUT ŞÖHRET                                           |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                        | 2 | URBAN DIPLOMACY IN THE 21ST CENTURY: DEFINITIONS, PRACTICES, AND IMPACTS ON GOVERNANCE | Dr. Öğr. Üyesi ALİ ÇİÇEK                                         |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                        | 3 | POPULISM AND POWER: ANALYZING RODRIGO DUTERTE'S IMPACT ON PHILIPPINE DEMOCRACY         | Dr. Öğr. Üyesi ALİ ÇİÇEK                                         |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                        | 4 | TÜRKİYE'DEKİ VERGİ AFLARININ VERGİ ADALETİ ÜZERİNE ETKİLERİ                            | Yüksek Lisans Öğrencisi,<br>TİBET EKİNCİ<br>Doç.Dr.,AHMET ARSLAN |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                        | 5 | ÖRGÜTSEL ENGELLERİN NEDENLERİ VE SONUÇLARI ÜZERİNE NİTEL BİR ARAŞTIRMA                 | Dr. Öğret. Üyesi Mehmet YILDIRIM                                 |

| HATTUSAS 1ST INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOCIAL SCIENCES<br>HATTUSAS 1ST INTERNATIONAL CONFERENCE ON APPLIED SCIENCES<br>HATTUSAS 1ST INTERNATIONAL GROUP EXHIBITION<br>November 29 - 30, 2024<br>CORUM<br>Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224<br>29 Kasım / Nov 29, 2024 / 15:00 – 17:00 Time zone in Turkey (GMT+3) |            |   |                                                                            |                                                                           |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|---|----------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------|
| Salon                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | Moderator  |   | Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title                                 | Authors                                                                   |
| HALL / SALON 6                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | MELEK ACAR | 1 | HEAT-INDUCIBLE EXPRESSION PLASMID FOR THERAPEUTIC APPLICATIONS IN CANCER   | PhD Student, MELEK ACAR<br>Assoc. Prof. Dr., YAĞMUR ÜNVER                 |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |            | 2 | AZURIN AND p28 IN CANCER TREATMENT: APOPTOSIS BASED APPROACHES             | PhD Student, MELEK ACAR<br>Assoc. Prof. Dr., YAĞMUR ÜNVER                 |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |            | 3 | SAĞLIK PROFESYONELLERİNE GÜVENİN AKILCI İLAÇ KULLANIMI ÜZERİNE ETKİSİ      | Doç. Dr. Mustafa NAL<br>Öğrenci, Ummahan CÖMERT<br>Öğrenci, Melike ÖZTÜRK |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |            | 4 | DEFANSİF TIP ARAŞTIRMALARINA GENEL BAKIŞ: BİBLİYOMETRİK ANALİZ             | Doç. Dr. Mustafa NAL<br>Öğrenci, Ummahan CÖMERT                           |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |            | 5 | RİSKLİ GEBELİKLERLE İLGİLİ KULLANILAN MOBİL UYGULAMALARIN İNCELENMESİ      | Doç. Dr. Yusuf ÖCEL<br>Meliha ŞANAL                                       |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |            | 6 | AMELİYATHANEDE KESİCİ DELİCİ ALET YARALANMASI VE ALINMASI GEREKEN ÖNLEMLER | Merve SOLAK<br>Betül KARAVELİ<br>Dr. Öğr. Üyesi Hatice ERDOĞAN            |

| HATTUSAS 1ST INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOCIAL SCIENCES<br>HATTUSAS 1ST INTERNATIONAL CONFERENCE ON APPLIED SCIENCES<br>HATTUSAS 1ST INTERNATIONAL GROUP EXHIBITION<br>November 29 - 30, 2024<br>CORUM<br>Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224<br>29 Kasım / Nov 29, 2024 / 15:00 – 17:00 Time zone in Turkey (GMT+3) |                       |   |                                                                                                        |                                                                                                                                                                   |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|---|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Salon                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | Moderator             |   | Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title                                                             | Authors                                                                                                                                                           |
| HALL / SALON 7                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | Prof. Dr. Sedat İlhan | 1 | GİRESUN ÜNİVERSİTESİ GÜRE KAMPÜSÜNDE ENERJİ KALİTESİNİN BİLGİSAYAR DESTEKLİ İNCELENMESİ VE SİMÜLASYONU | Prof. Dr. Sabir RÜSTEMLİ<br>Elektrik-Elektronik Yüksek<br>Müh. Mehmet Ali SATICI                                                                                  |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                       | 2 | GİRESUN ÜNİVERSİTESİ GÜRE KAMPÜSÜNDE YER ALAN REKTÖRLÜK BİNASININ ENERJİ KALİTESİNİN İNCELENMESİ       | Prof. Dr. Sabir RÜSTEMLİ<br>Elektrik-Elektronik Yüksek<br>Müh. Mehmet Ali SATICI                                                                                  |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                       | 3 | ADAS SİSTEMLERİNDE KULLANILAN KAMERA VE RADAR SİSTEMLERİNİN UYGULANMASI VE KARŞILAŞTIRILMASI           | Yazılım Mühendisi, Âdem<br>Sevilmiş<br>Yazılım Ekip Lideri, -<br>İbrahim Bilen<br>Yazılım Mühendisi,<br>Muhammet Sefa Odabaşı<br>Yazılım Mühendisi,<br>Mehmet Kuş |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                       | 4 | BLOCKCHAIN AND ARTIFICIAL INTELLIGENCE SOLUTIONS IN THE DIGITALIZING WORLD                             | Ramazan Süslü<br>Dr. Öğr. Üyesi Faruk<br>AYATA                                                                                                                    |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                       | 5 | A NOTE ON A CLASS OF TELESCOPIC NUMERICAL SEMIGROUPS WITH MULTIPLICITY 10                              | Prof. Dr. Sedat İlhan                                                                                                                                             |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                       | 6 | ON ARF CLOSURE OF A CLASS OF TELESCOPIC NUMERICAL SEMIGROUPS WITH EMBEDDING DIMENSION THREE            | Prof. Dr. Sedat İlhan                                                                                                                                             |



| HATTUSAS 1ST INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOCIAL SCIENCES<br>HATTUSAS 1ST INTERNATIONAL CONFERENCE ON APPLIED SCIENCES<br>HATTUSAS 1ST INTERNATIONAL GROUP EXHIBITION<br>November 29 - 30, 2024<br>CORUM<br>Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224<br>29 Kasım / Nov 29, 2024 / 15:00 – 17:00 Time zone in Turkey (GMT+3) |                          |   |                                                                                                                                                                                      |                                                                                      |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------|---|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|
| Salon                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | Moderator                |   | Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title                                                                                                                                           | Authors                                                                              |
| HALL / SALON 8                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | Prof. Dr. Mustafa ERTÜRK | 1 | IMPACT OF DETAIL LEVEL IN FAULT TREE ANALYSIS ON FLIGHT SAFETY IN COMPLEX SYSTEMS: AN EXAMINATION OF EQUIPMENT AND SUBCOMPONENT LEVELS OF DIGITAL FLY-BY-WIRE FLIGHT CONTROL SYSTEMS | Latif YALÇIN<br>Şeref Naci ENGİN<br>Ayçin GÜRDAMAR                                   |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                          | 2 | SANDVIÇ KOMPOZİTLERİN YAŞLANDIRILMASI SONUCU MEKANİK ÖZELLİKLERİNDEKİ DEĞİŞİMİN İNCELENMESİ                                                                                          | Batuhan YILDIRIM<br>Mustafa Mert KURDİŞ<br>Okan ÖZDEMİR                              |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                          | 3 | Usability of Alluvial Materials in Above Ground Water Storage Structures: The Example of Karasu Stream (Erzurum-Türkiye)                                                             | Master Geological Engineer. Adem VARLI<br>Assoc. Prof. Dr. Necmi YARBAŞI             |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                          | 4 | GÜNEY DOĞU ANADOLU BÖLGESİNDEKİ 58 İLÇENİN SOĞUTMA DERECE SAAT DEĞERLERİ TAHMİNİ                                                                                                     | Mak.Yük.Müh. Muhammed Sinan TUNA<br>Prof. Dr. Mustafa ERTÜRK                         |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                          | 5 | EGE BÖLGESİNDEKİ 132 İLÇENİN SOĞUTMA DERECE SAAT DEĞERLERİ TAHMİNİNDE YENİ BİR YAKLAŞIM                                                                                              | Mak.Yük.Müh. Muhammed Sinan TUNA<br>Prof. Dr. Mustafa ERTÜRK                         |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                          | 6 | INVESTIGATION OF A NOVEL APPROACH İN FREE COOLİNG DEGREE HOUR CALCULATIONS FOR İZMİR PROVINCE                                                                                        | Mak. Müh. Salih AKTAY<br>Prof. Dr. Mustafa ERTÜRK                                    |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                          | 7 | INVESTIGATION OF A NOVEL APPROACH İN FREE COOLİNG DEGREE HOUR CALCULATIONS FOR ADANA PROVINCE                                                                                        | Mak. Müh. Salih AKTAY<br>Prof. Dr. Mustafa ERTÜRK                                    |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                          | 8 | KULLANILMIŞ ATIK LASTİKLER VE BİYÖYAĞ ATIK KARIŞIMLARINDAN PİROLİZ YOLU İLE YAKIT ÜRETİM PROSESİNİN DENEYSEL İNCELENMESİ                                                             | Buse Büşra ATALAY<br>KAYNAKYEŞİL<br>Dr. Samad MOGHANİRAHIMI<br>Prof.Dr.Hüseyin TOPAL |

| HATTUSAS 1ST INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOCIAL SCIENCES<br>HATTUSAS 1ST INTERNATIONAL CONFERENCE ON APPLIED SCIENCES<br>HATTUSAS 1ST INTERNATIONAL GROUP EXHIBITION<br>November 29 - 30, 2024<br>CORUM<br>Meeting ID: 885 7151 8350      Passcode: 202224<br>29 Kasım / Nov 29, 2024 / 15:30 – 17:30 Time zone in Turkey (GMT+3) |                                            |   |                                                                                                                |                                                                    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------|---|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------|
| Salon                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | Moderator                                  |   | Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title                                                                     | Authors                                                            |
| HALL / SALON 1                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | Assoc. Prof. Dr. Konstantinos Kalovrektis, | 1 | THE TENDENCIES OF DEVELOPMENT OF THE MANAGEMENT IN THE EDUCATION SYSTEM OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN          | Altynai Zhaitapova, Aizhan Satyvaldiyeva                           |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                            | 2 | REAL TIME CONTROL LEARNING GAME - SPEED RACE BY LEARNING AT THE WHEEL - DEVELOPMENT OF DATA ACQUISITION SYSTEM | Assoc. Prof. Dr. Konstantinos Kalovrektis, Chrysanthi Palazi       |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                            | 3 | ANALYSIS AND CATEGORIZATION OF E-LEARNING ACTIVITIES BASED ON MEANINGFUL LEARNING CHARACTERISTICS              | Arda Yunianta, Norazah Yusof, Mohd Shahizan Othman, Dewi Octaviani |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                            | 4 | EXPLANATORY OF RELATIONSHIP BETWEEN LEARNING MOTIVATION AND LEARNING PERFORMANCE                               | Dr. Chih Chin Yang                                                 |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                            | 5 | TECHNOLOGY INTEGRATED EDUCATION – SHAPING THE PERSONALITY AND SOCIAL DEVELOPMENT OF THE YOUNG                  | R. Ramli, S. Sameon                                                |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                            | 6 | THE EFFECT OF CONTRIVED SUCCESS IN CALCULATION TASKS ON THE SELF-EFFICACY OF JUNIOR HIGH SCHOOL STUDENTS       | Akitoshi Uchida, Kazuo Mori                                        |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                            | 7 | IMPROVING TEACHER PROFESIONALISM THROUGH CERTIFICATION PROGRAM: AN INDONESIA CASE STUDY                        | Triyanto                                                           |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                            | 8 | STRUCTURE OF DOCTORAL STUDENTS- RESEARCH COMPETENCES IN SUSTAINABILITY CONTEXT                                 | I. Bolgzda, E. Olehnovica                                          |

| HATTUSAS 1ST INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOCIAL SCIENCES<br>HATTUSAS 1ST INTERNATIONAL CONFERENCE ON APPLIED SCIENCES<br>HATTUSAS 1ST INTERNATIONAL GROUP EXHIBITION<br>November 29 - 30, 2024<br>CORUM<br>Meeting ID: 885 7151 8350      Passcode: 202224<br>29 Kasım / Nov 29, 2024 / 15:30 – 17:30 Time zone in Turkey (GMT+3) |                       |   |                                                                                                                                                  |                                         |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|---|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------|
| Salon                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | Moderator             |   | Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title                                                                                                       | Authors                                 |
| HALL / SALON 2                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | Suttipong Boonphadung | 1 | VOICE IN PRE-SERVICE TEACHER DEVELOPMENT                                                                                                         | Pintipa Seubsang, Suttipong Boonphadung |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                       | 2 | DEVELOPING STUDENT TEACHERS TO BE PROFESSIONAL TEACHERS                                                                                          | Suttipong Boonphadung                   |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                       | 3 | A TRAINING COURSE DEVELOPMENT TO PROMOTE LEARNING ACTIVITIES OF 2ND YEAR, FACULTY OF EDUCATION STUDENTS USING MULTIPLE INTELLIGENCES THEORY      | Chaiwat Waree, Kalanyoo Petcharaporn    |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                       | 4 | LEARNING STYLES OF UNIVERSITY STUDENTS IN BANGKOK: THE CHARACTERISTICS AND THE RELEVANT INSTRUCTIONAL CONTEXT                                    | Chaiwat Tantarangsee                    |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                       | 5 | THE LINK BETWEEN DISTRIBUTED LEADERSHIP AND EDUCATIONAL OUTCOMES: AN OVERVIEW OF RESEARCH                                                        | Maria Eliophotou Menon                  |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                       | 6 | THE EFFICACY OF NEUROLOGICAL IMPRESS METHOD AND REPEATED READING ON READING FLUENCY OF CHILDREN WITH LEARNING DISABILITIES IN OYO STATE, NIGERIA | A. O. Oladele                           |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                       | 7 | E- CAMPUS AS AN ENVIRONMENTAL AND PEDAGOGICAL TOOL FOR ONLINE SUPPORT                                                                            | Shireen Panchoo                         |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                       | 8 | CONFIRMING THE IDENTITY OF THE INDIVIDUAL USING REMOTE ASSESSMENT IN E-LEARNING                                                                  | Olaf Hallan Graven, Lachlan MacKinnon   |

| HATTUSAS 1ST INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOCIAL SCIENCES<br>HATTUSAS 1ST INTERNATIONAL CONFERENCE ON APPLIED SCIENCES<br>HATTUSAS 1ST INTERNATIONAL GROUP EXHIBITION<br>November 29 - 30, 2024<br>CORUM<br>Meeting ID: 885 7151 8350      Passcode: 202224<br>29 Kasım / Nov 29, 2024 / 15:30 – 17:30 Time zone in Turkey (GMT+3) |                                  |   |                                                                                                                                                         |                                             |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------|---|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------|
| Salon                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | Moderator                        |   | Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title                                                                                                              | Authors                                     |
| HALL / SALON 3                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | Assis. Prof. Dr. Kazuko Sakamoto | 1 | DIFFERENCE IN THE COLOR PREFERENCE BY A GEOGRAPHICAL FACTOR                                                                                             | Assis. Prof. Dr. Kazuko Sakamoto            |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                  | 2 | INFLUENCE OF CITY ENVIRONMENT TO THE REGIONAL DEVELOPMENT IN BALTIC COUNTRIES                                                                           | Dr. Ilze Stokmane                           |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                  | 3 | BORIA: A CONVENTIONAL THEATRE IN MALAYSIA                                                                                                               | Farideh Alizadeh, Mohd Effindi Samsuddin    |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                  | 4 | THE ROLE OF THE INDIGENOUS LANGUAGES IN POLICY PLANNING AND IMPLEMENTATION: A SOCIOLINGUISTIC APPRAISAL OF THE NATIONAL REBRANDING PROGRAMME OF NIGERIA | Anayochukwu Leonard Okoli                   |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                  | 5 | CITIZENS' PERCEPTIONS TOWARDS E-GOVERNANCE: FIELD STUDY                                                                                                 | Alaa-Aldin Abdul Rahim A. Al Athmay         |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                  | 6 | A STUDY OF PRIORITY EVALUATION AND RESOURCE ALLOCATION FOR REVITALIZATION OF CULTURAL HERITAGES IN THE URBAN DEVELOPMENT                                | PHD. Wann-Ming Wey, Dr. Yi-Chih Huang       |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                  | 7 | RESIDENTIAL SELF-SELECTION AND ITS EFFECTS ON URBAN COMMUTE TRAVELS IN IRANIAN CITIES COMPARED TO US, UK, AND GERMANY                                   | Houshmand E. Masoumi                        |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                  | 8 | COMPARATIVE ANALYSIS OF MEASURES TO SECURE TWO-WAY EVACUATION ROUTES FOR VULNERABLE PEOPLE DURING LARGE DISASTERS IN A HISTORIC AREA                    | Nobuo Mishima, Naomi Miyamoto, Yoko Taguchi |

| HATTUSAS 1ST INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOCIAL SCIENCES<br>HATTUSAS 1ST INTERNATIONAL CONFERENCE ON APPLIED SCIENCES<br>HATTUSAS 1ST INTERNATIONAL GROUP EXHIBITION<br>November 29 - 30, 2024<br>CORUM<br>Meeting ID: 885 7151 8350      Passcode: 202224<br>29 Kasım / Nov 29, 2024 / 15:30 – 17:30 Time zone in Turkey (GMT+3) |                        |   |                                                                                                                               |                                      |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------|---|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|
| Salon                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | Moderator              |   | Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title                                                                                    | Authors                              |
| HALL / SALON 4                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | Dr. Zhanar Kozhabekova | 1 | GREEN BUILDING AND ENERGY SAVING                                                                                              | Nahed Ayedh Al-Hajeri                |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                        | 2 | FEMALE EXECUTIVE CAREER SUCCESS AND SATISFACTION IN BANGKOK, THAILAND                                                         | Ipon Sasithornsawapa                 |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                        | 3 | AN APPROACH TO CONSTRUCT CRITERIA FOR EVALUATING ALTERNATIVES IN DECISION-MAKING                                              | Dr. Niina M. Nissinen                |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                        | 4 | THE DOCUMENTARY ANALYSIS OF META-ANALYSIS RESEARCH IN VIOLENCE OF MEDIA                                                       | Assis. Prof. Dr. Proud Arunrangsawed |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                        | 5 | THE THOUGHT OF ISLAMIC LITERATURE IN MODERN MALAYSIAN LITERATURE                                                              | Rosni bin Samah                      |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                        | 6 | THE ENTHRONEMENT OF TURKIC-MONGOL RULERS AND KAGAN FUNCTIONS                                                                  | Dr. Zhanar Kozhabekova               |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                        | 7 | THE ROLE OF MIDDLE CLASS IN FORMING OF CONSUMPTION HABITS OF MARKET INSTITUTIONS AMONG KAZAKH HOUSEHOLDS IN TRANSITION PERIOD | Daurenbek Kuleimenov, Elmira Otar    |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                        | 8 | A WAY OF CONVERTING COLOR IMAGES TO GRAY SCALE ONES FOR THE COLOR-BLIND -APPLYING TO THE PART OF THE TOKYO SUBWAY MAP-        | Katsuhiro Narikiyo, Shota Hashikawa  |

| HATTUSAS 1ST INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOCIAL SCIENCES<br>HATTUSAS 1ST INTERNATIONAL CONFERENCE ON APPLIED SCIENCES<br>HATTUSAS 1ST INTERNATIONAL GROUP EXHIBITION<br>November 29 - 30, 2024<br>CORUM<br>Meeting ID: 885 7151 8350      Passcode: 202224<br>29 Kasım / Nov 29, 2024 / 15:30 – 17:30 Time zone in Turkey (GMT+3) |                                  |   |                                                                                                                                                                  |                                                                         |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------|---|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------|
| Salon                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | Moderator                        |   | Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title                                                                                                                       | Authors                                                                 |
| HALL / SALON 5                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | Assoc. Prof. Dr. Siamak Najarian | 1 | USE OF CURCUMIN IN RADIOCHEMOTHERAPY INDUCED ORAL MUCOSITIS PATIENTS: A CONTROL TRIAL STUDY                                                                      | Assoc. Prof. Dr. Shivayogi Charantimath                                 |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                  | 2 | PROTEINS LENGTH AND THEIR PHENOTYPIC POTENTIAL                                                                                                                   | Tom Snir, Eitan Rubin                                                   |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                  | 3 | MODELING AND ANALYSIS OF THE EFFECTS OF NEPHROLITHIASIS IN KIDNEY USING A COMPUTATIONAL TACTILE SENSING APPROACH                                                 | Dr. Elnaz Afshari, Assoc. Prof. Dr. Siamak Najarian                     |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                  | 4 | COMPUTATIONAL IDENTIFICATION OF BACTERIAL COMMUNITIES                                                                                                            | Eleftheria Tzamali, Panayiota Poirazi, Ioannis G. Tollis, Martin Reczko |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                  | 5 | ON THE MATHEMATICAL STRUCTURE AND ALGORITHMIC IMPLEMENTATION OF BIOCHEMICAL NETWORK MODELS                                                                       | Dr. Paola Lecca                                                         |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                  | 6 | BLOOD LYMPHOCYTE AND NEUTROPHIL RESPONSE OF CULTURED RAINBOW TROUT, ONCORHYNCHUS MYKISS, ADMINISTERED VARYING DOSAGES OF AN ORAL IMMUNOMODULATOR – ‘FIN-IMMUNE™’ | Duane Barker, John Holliday                                             |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                  | 7 | MULTIWAVELET AND BIOLOGICAL SIGNAL PROCESSING                                                                                                                    | Morteza Moazami-Goudarzi, Ali Taheri, Mohammad Pooyan, Reza Mahboobi    |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                  | 8 | DETECTION AND CORRECTION OF ECTOPIC BEATS FOR HRV ANALYSIS APPLYING DISCRETE WAVELET TRANSFORMS                                                                  | Desmond B. Keenan                                                       |

| HATTUSAS 1ST INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOCIAL SCIENCES<br>HATTUSAS 1ST INTERNATIONAL CONFERENCE ON APPLIED SCIENCES<br>HATTUSAS 1ST INTERNATIONAL GROUP EXHIBITION<br>November 29 - 30, 2024<br>CORUM<br>Meeting ID: 885 7151 8350      Passcode: 202224<br>29 Kasım / Nov 29, 2024 / 15:30 – 17:30 Time zone in Turkey (GMT+3) |                                 |   |                                                                                                                |                                                                   |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------|---|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------|
| Salon                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | Moderator                       |   | Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title                                                                     | Authors                                                           |
| HALL / SALON 6                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | Assis. Prof. Dr. Chun-Chao Wang | 1 | EFFECT OF COLD PLASMA-SURFACE MODIFICATION ON SURFACE WETTABILITY AND INITIAL CELL ATTACHMENT                  | Masao Yoshinari, Jianhua Wei,<br>Kenichi Matsuzaka, Takashi Inoue |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                 | 2 | SURFACE CHARGE BASED RAPID METHOD FOR DETECTION OF MICROBIAL CONTAMINATION IN DRINKING WATER AND FOOD PRODUCTS | Kandpal M. , Gundampati R. K , Debnath M.                         |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                 | 3 | ONE-DOF PRECISION POSITION CONTROL USING THE COMBINED PIEZO-VCM ACTUATOR                                       | Dr. Yung-Tien Liu,<br>Assis. Prof. Dr. Chun-Chao Wang             |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                 | 4 | OUTLIER PULSE DETECTION AND FEATURE EXTRACTION FOR WRIST PULSE ANALYSIS                                        | Bhaskar Thakker,<br>Dr. Anoop Lal Vyas                            |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                 | 5 | VISCOELASTIC MODELING OF BRAIN MRE DATA USING FE METHOD                                                        | H. Ajabi Naeeni, M. Haghpanahi                                    |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                 | 6 | COMPUTATIONAL ANALYSIS OF THE MEMBRANETARGETING DOMAINS OF PLANT-SPECIFIC PRAF PROTEINS                        | Ewa Wywiał, Shaneen M. Singh                                      |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                 | 7 | A NEW RIGID FISTULECTOMY SET FOR MINIMALLY INVASIVE “CORE-OUT“ EXCISION OF HIGH ANAL FISTULAS                  | Siamak Najarian, Meysam Esmaeili, Mohsen Towliat Kashani          |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                 | 8 | PRESENTING A COMBINATORIAL FEATURE TO ESTIMATE DEPTH OF ANESTHESIA                                             | Toktam Zoughi, Reza Boostani                                      |

| HATTUSAS 1ST INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOCIAL SCIENCES<br>HATTUSAS 1ST INTERNATIONAL CONFERENCE ON APPLIED SCIENCES<br>HATTUSAS 1ST INTERNATIONAL GROUP EXHIBITION<br>November 29 - 30, 2024<br>CORUM<br>Meeting ID: 885 7151 8350      Passcode: 202224<br>29 Kasım / Nov 29, 2024 / 15:30 – 17:30 Time zone in Turkey (GMT+3) |                                    |   |                                                                                                                                 |                                                      |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------|---|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------|
| Salon                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | Moderator                          |   | Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title                                                                                      | Authors                                              |
| HALL / SALON 7                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | Assis. Prof. Dr. Amer A. Boushaala | 1 | A HEURISTIC STATISTICAL MODEL FOR LIFETIME DISTRIBUTION ANALYSIS OF COMPLICATED SYSTEMS IN THE RELIABILITY CENTERED MAINTENANCE | Mojtaba Mahdavi, Mohamad Mahdavi, Maryam Yazdani     |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                    | 2 | DYNAMICS IN PRODUCTION PROCESSES                                                                                                | Marco Kennemann, Steffen C. Eickemeyer, Peter Nyhuis |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                    | 3 | THE CLASSIFICATION MODEL FOR HARD DISK DRIVE FUNCTIONAL TESTS UNDER SPARSE DATA CONDITIONS                                      | S. Pattanapairoj, D. Chetchotsak                     |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                    | 4 | THE LINK BETWEEN ERGONOMICS AND OCCUPATIONAL DISEASES                                                                           | Dr. Kateřina Sekulová, Lec. Michal Šimon             |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                    | 5 | A STUDY ON A DISCRETE EVENT SIMULATION MODEL FOR AVAILABILITY ANALYSIS OF WEAPON SYSTEMS                                        | Dr. Hye Lyeong Kim, Sang Yeong Choi                  |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                    | 6 | RESEARCH ON THE LAYOUT OF GROUND CONTROL POINTS IN PLAIN AREA 1:10000 DLG PRODUCTION USING POS TECHNIQUE                        | Dong Ming, Chen Haipeng                              |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                    | 7 | PROJECT COMPLEXITY INDICES BASED ON TOPOLOGY FEATURES                                                                           | Assis. Prof. Dr. Amer A. Boushaala                   |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                    | 8 | PREDICTING THE LIFE CYCLE OF COMPLEX TECHNICAL SYSTEMS (CTS)                                                                    | Khalil A. Yaghi, Samer Barakat                       |



## CONTENTS

|                                                                                                                                                                                            |     |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| ERZİNCAN'IN BALLI BİTKİLERİ FLORASINA KATKILAR .....                                                                                                                                       | 1   |
| ERZİNCAN'IN AĞAÇ VE ÇALI FLORASINA KATKILAR .....                                                                                                                                          | 16  |
| Nano-Agrokimyasalların Bitkilere Giriş Yolları ve Fitotoksik Etkileri.....                                                                                                                 | 29  |
| Nanopartikül rezidüleri ve Nanotoksikoloji .....                                                                                                                                           | 37  |
| PİLOT BALIĞININ, <i>Naucrates ductor</i> (LINNAEUS, 1758) İSKENDERUN KÖRFEZİ'NDEN (KUZEYDOĞU AKDENİZ) İLK RESMİ KAYDI .....                                                                | 47  |
| SİVRİ BURUN CAMGÖZ KÖPEK BALIĞININ, <i>Isurus oxyrinchus</i> RAFINESQUE, 1810, İSKENDERUN KÖRFEZİ'NDE (TÜRKİYE) GÖRÜNÜRLÜĞÜ .....                                                          | 51  |
| A HEAT-INDUCIBLE EXPRESSION PLASMID FOR THERAPEUTIC APPLICATIONS IN CANCER .....                                                                                                           | 56  |
| AZURIN AND p28 IN CANCER TREATMENT: APOPTOSIS BASED APPROACHES .....                                                                                                                       | 63  |
| SAĞLIK PROFESYONELLERİNE GÜVENİN AKILCI İLAÇ KULLANIMI ÜZERİNE ETKİSİ .....                                                                                                                | 68  |
| DEFANSİF TIP ARAŞTIRMALARINA GENEL BAKIŞ: BİBLİYOMETRİK ANALİZ .....                                                                                                                       | 76  |
| RİSKLİ GEBELİKLERLE İLGİLİ KULLANILAN MOBİL UYGULAMALARIN İNCELENMESİ.....                                                                                                                 | 86  |
| Obezite Komplikasyonları ve Egzersize Etkileri .....                                                                                                                                       | 100 |
| Sıvı Tüketimi ve Elektrolit Dengesi: Performansa Yönelik İyileştirme Yöntemleri.....                                                                                                       | 107 |
| KALP YETMEZLİĞİ VE YORGUNLUK .....                                                                                                                                                         | 115 |
| KALP YETMEZLİĞİ ve ÖZ BAKIM.....                                                                                                                                                           | 121 |
| GİRESUN ÜNİVERSİTESİ GÜRE KAMPÜSÜNDE ENERJİ KALİTESİNİN BİLGİSAYAR DESTEKLİ İNCELENMESİ VE SİMÜLASYONU .....                                                                               | 127 |
| GİRESUN ÜNİVERSİTESİ GÜRE KAMPÜSÜNDE YER ALAN REKTÖRLÜK BİNASININ ENERJİ KALİTESİNİN İNCELENMESİ .....                                                                                     | 140 |
| ADAS SİSTEMLERİNDE KULLANILAN KAMERA VE RADAR SİSTEMLERİNİN UYGULANMASI VE KARŞILAŞTIRILMASI .....                                                                                         | 153 |
| DİJİTALLEŞEN DÜNYADA BLOK ZİNCİR VE YAPAY ZEKÂ ÇÖZÜMLERİ .....                                                                                                                             | 168 |
| A NOTE ON A CLASS OF TELESCOPIC NUMERICAL SEMIGROUPS WITH MULTIPLICITY 10 .....                                                                                                            | 182 |
| ON ARF CLOSURE OF A CLASS OF TELESCOPIC NUMERICAL SEMIGROUPS WITH EMBEDDING DIMENSION THREE .....                                                                                          | 187 |
| IMPACT OF DETAIL LEVEL IN FAULT TREE ANALYSIS ON FLIGHT SAFETY IN COMPLEX SYSTEMS: AN EXAMINATION OF EQUIPMENT AND SUBCOMPONENT LEVELS OF DIGITAL FLY-BY-WIRE FLIGHT CONTROL SYSTEMS ..... | 195 |
| SANDVIÇ KOMPOZİTLERİN YAŞLANDIRILMASI SONUCU MEKANİK ÖZELLİKLERİNDEKİ DEĞİŞİMİN İNCELENMESİ .....                                                                                          | 210 |
| Usability of Alluvial Materials in Above Ground Water Storage Structures: The Example of Karasu Stream (Erzurum-Türkiye) .....                                                             | 217 |
| GÜNEY DOĞU ANADOLU BÖLGESİNDEKİ 58 İLÇENİN SOĞUTMA DERECE SAAT DEĞERLERİ TAHMİNİ 224                                                                                                       |     |
| EGE BÖLGESİNDEKİ 132 İLÇENİN SOĞUTMA DERECE SAAT DEĞERLERİ TAHMİNİNDE YENİ BİR YAKLAŞIM .....                                                                                              | 236 |

|                                                                                                                                   |     |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| İZMİR İLİ SERBEST SOĞUTMA DERECE SAAT HESAPLAMALARINDA YENİ BİR YAKLAŞIMIN İNCELENMESİ .....                                      | 248 |
| ADANA İLİ SERBEST SOĞUTMA DERECE SAAT HESAPLAMALARINDA YENİ BİR YAKLAŞIMIN İNCELENMESİ .....                                      | 262 |
| KULLANILMIŞ ATIK LASTİKLER VE BİYUYAĞ ATIK KARIŞIMLARINDAN PİROLİZ YOLU İLE YAKIT ÜRETİM<br>PROSESİNİN DENEYSEL İNCELENMESİ ..... | 277 |

## ERZİNCAN'IN BALLI BİTKİLERİ FLORASINA KATKILAR

**Prof. Dr. Mustafa KORKMAZ**

Erzincan Binali Yıldırım Üniversitesi

[mkorkmaz@erzincan.edu.tr](mailto:mkorkmaz@erzincan.edu.tr) - 0000-0001-6732-7874

**Muhammed Burak TATLI**

Erzincan Binali Yıldırım Üniversitesi

[tatliburak847@gmail.com](mailto:tatliburak847@gmail.com)-0009-0001-1984-3783

### ÖZET

Türkiye 180 bin civarı bal üreticisi, 88 bin ton bal üretim miktarı ve 5.339.224 adet koloni sayısı ile dünya bal üretiminde ikinci sırada bulunmaktadır. Dünya bal üretiminde yaklaşık 450 000 ton (%28) ile Çin açık ara birinci sırada bulunmaktadır. Doğu Anadolu Bölgesi bal üretiminde 13144 ton ile 4. sırada yer almaktadır. Erzincan çevresi bitki zenginliği açısından Türkiye'nin en önemli alanları arasında olup, zengin bitki örtüsü ve iklim koşullarıyla Türkiye'nin önemli bal üretim merkezlerinden biridir. Bal üretimi bakımından Erzincan iller bazında 24. sırada yer almaktadır. Yaklaşık 75.431 adet koloni varlığına sahip olan Erzincan ilinde 2013 yılı bal üretimi 1085 ton olup koloni başına verim ise ortalama 14.39 kg'dır. İlde 130 bin kovanda bal üretimi yapılmaktadır. Erzincan'ın ballı bitkileri, zengin bitki örtüsüne ve iklim koşullarına bağlı olarak çeşitlilik göstermektedir. Bu bitkiler, nektar ve polen açısından zengindirler ve arıların beslenmesi için önemli bir kaynak oluştururlar. Erzincan yöresinde yetişen ballı bitkilerin belirlenmesi amaçlanmıştır. Çalışma kapsamında Erzincan Binali Yıldırım Üniversitesi Herbariumu'nda bulunan ballı bitkilerin listesi çıkarılmış ve literatür taraması ile çalışmaya kesinlik kazandırılmıştır. Çalışma sonucunda EBYU Herbariumu'nda 33 familyaya ait 165 tür ve tür altı takson belirlenmiştir. Belirlenen ballı bitkilerin tür sayısı bakımından ilk üç familyaya dağılımı sırasıyla Asteraceae (26 tür), Fabaceae (24 tür) ve Lamiaceae (23 tür) şeklindedir. Belirlenen türlerden 15'i Avrupa-Sibirya elementi, 40'ı İran-Turan elementidir. Ayrıca çalışmada belirlenen türlerden 22'si (%12) endemiktir.

**Anahtar Kelimeler:** Erzincan, Flora, Bal Bitkileri

### GİRİŞ

Dünya'da balcılık ilk kez M.Ö. 700 yıllarında İspanya'da başlamıştır. Anadolu'da ise balcılığın tarihi M.Ö. 300 yılında Sümerler dönemine kadar uzanmaktadır [1]. Bal arılarının salgısından yararlandığı bütün bitkiler ballı bitkilerdir [2]. Dünya üzerindeki bitkilerin %70'inin polinasyonu arılar tarafından sağlanmakta, gerçekleşen polinasyonun %80'inden fazlası da bal arılarınca yapılmaktadır. Bu nedenle arıların böceklerle tozlaşan bitkilerin üremesindeki rolü çok önemlidir [3]. Tozlaşmaya sağladıkları katkı ile sürdürülebilir çevre olgusunda oldukça önemli yere sahip olan bal arıları, modern tarımda birinci derece tozlaştırıcı olarak kabul edilmektedirler [4].

Türkiye’de ballı bitkilerin belirlenmesi üzerine yapılan bazı çalışmalara Erzurum, Trakya bölgesi [5], İstanbul [6], Van [7], Ordu [8], Bingöl [9], Artvin [10] örnek verilebilir. Türkiye’nin Nektarlı Bitkileri, Polenleri ve Balları [11] adlı eser ise Türkiye’de balcılık ve balcılıkta önemli olan bitkiler üzerinde yapılan kapsamlı bir çalışmadır. Ülkemizde yapılan bu tip çalışmaların sayısı yetersiz olmakla birlikte son yıllarda giderek artmaktadır. Türkiye üç bitki coğrafyası bölgesinde yer alması, farklı yükseltilere ve çok farklı habitatlara sahip olması, iklim çeşitliliği ve üçte biri endemik olan 10.000 civarındaki doğal bitki çeşidi ile adeta bir açık bitki müzesini andırmaktadır.

Erzincan çevresi bitki zenginliği açısından Türkiye’nin en önemli alanları arasında olup, zengin bitki örtüsü ve iklim koşullarıyla Türkiye’nin önemli bal üretim merkezlerinden biridir. Bal üretimi bakımından Erzincan iller bazında 24. sırada yer almaktadır. İlde 130 bin kovanda bal üretimi yapılmaktadır. Erzincan’ın ballı bitkileri, zengin bitki örtüsüne ve iklim koşullarına bağlı olarak çeşitlilik göstermektedir. Bu bitkiler, nektar ve polen açısından zengindirler ve arıların beslenmesi için önemli bir kaynak oluştururlar. Bu çalışma Erzincan yöresinde ve çevresinde yetişen ballı bitkilerin belirlenmesi, ballı bitkilerin neler olduğu amaçlanmıştır ve ballı bitkiler florasına katkısı amacıyla yapılmıştır.

## **MATERYAL VE YÖNTEM**

### **1. HERBARYUM ÇALIŞMALARI**

#### **1.1. Bitkilerin preslenmesi**

Toplanan bitkiler herbaryuma getirildi ve yabancı maddelerden arındırıldı. Preslenecek olan bitkinin tüm parçaları düzgün ve kolayca görülebilecek şekilde gazete kâğıtları arasına yerleştirilip kuruması sağlandı. Pres belli bir yüksekliğe geldikten sonra sıkıştırıldı Kurutma işlemi sırasında presler direkt güneş ışığı almayan ve havadar bir ortamda bekletildi. Kuruma işlemi gerçekleşinceye kadar başlangıçta her gün, daha sonraları gün aşırı olmak üzere preslerin kurutma kâğıtları değiştirildi. Bu şekilde kurutulan örnekler daha sonra toplayıcı tarafından kayıt numaraları verildi.

#### **1.2. Bitkilerin teşhisi**

Toplanan bitkiler öncelikle varsa monograflardan ya da revizyonlardan teşhis edildi. Ancak monograf veya revizyon çalışması yapılmayan bitkilerin teşhisleri floralardan ya da ilgili kaynaklardan (Davis, 1965-1985; Davis ark., 1988, Güner ark., 2000; McGregor, 1976; Koday. Z. & Karadağ, H. 2020.) yararlanılmak suretiyle yapıldı. Ayrıca, teşhis edilen örneklerden endemik olanlar (bizimbitkiler.org) belirlenmiş ve liste halinde verilmiştir.

#### **1.3. Bitkilerin herbaryumu**

Kurutulan ve tür teşhisleri yapılan bitkiler özenle herbaryum kartonlarına yapıştırıldı ve numuneler etiketlendi. Bitkilere ait tüm bilgiler bu etiketlerde yer alacaktır. Bitki örneklerinin

herbaryum kurallarına göre toplanıp kurutulduktan sonra, araştırmacıların yararlanabilmesi ve uzun yıllar bozulmadan kalması için herbaryum dolaplarına yerleştirildi.

## 2. LİTERATÜR ÇALIŞMALARI

Erzincan çevresinde yetişen ballı bitkileri belirlemek amacıyla yaptığımız bu çalışma esas olarak herbaryum araştırmalarından oluşmaktadır. Bunun yanında ballı bitkilerin belirlenmesi için çok sayıda literatür taranmıştır. Bunlar [1, 3, 4, 8-10, 14, 15,17, 18, 20-22, 24]'dür.

## BULGULAR

Araştırma sonucunda çalışma alanında gıda olarak kullanımları belirlenen bitki taksonlarına ait ayrıntılı veriler Çizelge 1'de verilmiştir. Çizelgede bu taksonlara ait taksonomik veriler yer almaktadır. Sırasıyla bitkilerin familyaları, bilimsel adları (tür/ takson adı), Türkçe/Yöresel adları, Literatürde olup olmadığı, Fitocoğrafya bölgesi, Endemizm durumları sırasıyla verilmiştir. Çalışmada 33 familyaya ait 165 takson belirlendi. Belirlediğimiz büyük familyalar sayısı ve oranları sırasıyla Asteraceae (Papatyagiller) familyası 26 takson (%25), Fabaceae (Baklagiller) familyası 24 tür (%23), Lamiaceae (Ballıbabagiller) familyasından 23 tür (%22), Apiaceae (Maydanozgiller) familyasından 16 tür (%15), Caryophyllaceae (Karanfilgiller) familyasından 15 tür (%15)'dür.

Çizelge 1. Erzincan'ın Ballı Bitkileri

| Familya   | Tür Adı                                     | Türkçe Adı   | Fitocoğrafya Bölgesi | Endemizm | Literatür |
|-----------|---------------------------------------------|--------------|----------------------|----------|-----------|
| Adoxaceae | <i>Sambucus nigra</i> L.                    | Ağaç mürver  | Avrupa-Sibirya       | -        | +         |
| Adoxaceae | <i>Viburnum lantana</i> L.                  | Germeşe      | Avrupa-Sibirya       | -        | +         |
| Apiaceae  | <i>Eryngium billardierei</i><br>F.Delaroche | Hıyarok      | İran-Turan           | -        | -         |
| Apiaceae  | <i>Eryngium ilex</i><br>P.H.Davis           | Öz boğadiken | -                    | Endemik  | +         |
| Apiaceae  | <i>Cnidium silaifolium</i><br>Simonkai      | Galyobişotu  | -                    | -        | +         |
| Apiaceae  | <i>Pimpinella anthriscoides</i><br>Boiss.   | Mesireotu    | İran-Turan           | -        | -         |
| Apiaceae  | <i>Berula erecta</i><br>Huds. Coville.      | Gendeme      | -                    | -        | +         |
| Apiaceae  | <i>Falcaria vulgaris</i><br>Bernh.          | Orakotu      | -                    | -        | +         |

|                |                                                     |                 |                |         |   |
|----------------|-----------------------------------------------------|-----------------|----------------|---------|---|
| Apiaceae       | <i>Falcaria falcarioides</i> Wolf.                  | Has orakotu     | -              | -       | - |
| Apiaceae       | <i>Hippomarathrum microcarpum</i> Bieb.             | Parzük          | -              | -       | + |
| Apiaceae       | <i>Ligusticum alatum</i> (M.Bieb.)                  | Selamotu        | -              | -       | - |
| Apiaceae       | <i>Heracleum trachyloma</i> Fisch. & C.A.Mey.       | Poğluk          | -              | -       | + |
| Apiaceae       | <i>Heracleum pastinacifolium</i> K.Koch.            | Van öğrekotu    | -              | Endemik | + |
| Apiaceae       | <i>Torilis tenella</i> (Delile) Rchb.f.             | Zarif dercikotu | -              | -       | - |
| Apiaceae       | <i>Scandix aucheri</i> Boiss.                       | Karabağ kışkışı | İran-Turan     | -       | + |
| Apiaceae       | <i>Scandix stellata</i> Banks & Sol.                | Dağ kışkışı     | -              | -       | + |
| Apiaceae       | <i>Prangos pabularia</i> Lindl.                     | Beyik           | İran-Turan     | -       | - |
| Apiaceae       | <i>Prangos ferulacea</i> (L.) Lindl.                | Eşekçakşırı     | -              | -       | + |
| Apocynaceae    | <i>Vinca herbacea</i> Waldst. & Kit.                | Bikirçiçeği     | -              | -       | - |
| Asclepiadaceae | <i>Cionura erecta</i> (L.) Griseb.                  | Babrik          | Doğu Akdeniz   | -       | - |
| Asclepiadaceae | <i>Vincetoxicum canescens</i> (Willd.) Decne.       | Zilasur         | -              | -       | + |
| Asparagaceae   | <i>Bellevalia crassa</i> Wendelbo                   | Başaksümbül     | İran-Turan     | Endemik | + |
| Asteraceae     | <i>Achillea pseudoalepica</i> Hausskn. ex Hub.-Mor. | Harputperçemi   | İran-Turan     | Endemik | + |
| Asteraceae     | <i>Achillea kotschy</i> Boiss.                      | Ayvadana        | -              | -       | - |
| Asteraceae     | <i>Achillea millefolium</i> L.                      | Civanperçemi    | Avrupa-Sibirya | -       | - |

|            |                                                |                    |              |         |   |
|------------|------------------------------------------------|--------------------|--------------|---------|---|
| Asteraceae | <i>Achillea coarctata</i> Poir.                | Kirliperçem        | -            | -       | + |
| Asteraceae | <i>Achillea magnifica</i> Heimerl ex Hum.Mor.  | Karcivanı          | İran-Turan   | Endemik | - |
| Asteraceae | <i>Achillea wilhelmsii</i> C.Koch.             | Sarı çivanperçemi  | İran-Turan   | -       | + |
| Asteraceae | <i>Achillea biserrata</i> M.Bieb.              | Aksırıkotu         | Karadeniz    | -       | - |
| Asteraceae | <i>Achillea biebersteinii</i> Afan.            | Pireotu            | İran-Turan   | -       | - |
| Asteraceae | <i>Achillea sipikorensis</i> Hausskn. & Bornm. | Sipikorperçemi     | İran-Turan   | -       | + |
| Asteraceae | <i>Achillea teretifolia</i> Willd.             | Beyaz çivanperçemi | İran-Turan   | Endemik | - |
| Asteraceae | <i>Carduus nutans</i> L.                       | Eşekdikeni         | -            | -       | + |
| Asteraceae | <i>Centaurea glastifolia</i> L.                | Kotankıran         | İran-Turan   | -       | - |
| Asteraceae | <i>Centaurea solstitialis</i> L.               | Çakırdikeni        | -            | -       | - |
| Asteraceae | <i>Centaurea virgata</i> Lam.                  | Acısüpürge         | İran-Turan   | -       | + |
| Asteraceae | <i>Centaurea urvillei</i> DC.                  | Alakötürüm         | Doğu Akdeniz | -       | - |
| Asteraceae | <i>Centaurea patula</i> DC.                    | Salkım düğme       | İran-Turan   | -       | + |
| Asteraceae | <i>Centaurea carduiiformis</i> DC.             | Kavalgaz           | -            | Endemik | + |
| Asteraceae | <i>Centaurea drabifolia</i> Sibth. & Sm.       | Öbek sarıbaş       | -            | Endemik | - |
| Asteraceae | <i>Cirsium arvense</i> (L.) Scop.              | Köygöçüren         | -            | -       | - |
| Asteraceae | <i>Cirsium echinus</i> (M. Bieb.) Hand.-Mazz.  | Kirpikangalı       | İran-Turan   | -       | + |

|               |                                              |                      |                   |         |   |
|---------------|----------------------------------------------|----------------------|-------------------|---------|---|
| Asteraceae    | <i>Echinops pungens</i> Trautv.              | Bongıl               | İran-Turan        | -       | - |
| Asteraceae    | <i>Helianthus annuus</i> L.                  | Ayçiçeği             | -                 | -       | - |
| Asteraceae    | <i>Leontodon crispus</i> Vill.               | Aslandışı            | --                | -       | + |
| Asteraceae    | <i>Senecio pseudo-orientalis</i> Schischk    | Sarışiro             | İran-Turan        | -       |   |
| Asteraceae    | <i>Solidago virgaurea</i> L.                 | Aslanbaşakçı<br>çeği | Avrupa-<br>Sibiry | -       | + |
| Asteraceae    | <i>Tanacetum armenum</i> (DC.) Sch. Bip.     | Kayapapatya<br>sı    | -                 | -       | + |
| Berberidaceae | <i>Berberis vulgaris</i> L.                  | Kızılkaramuk         | -                 | -       | - |
| Betulaceae    | <i>Betula pendula</i> Roth                   | Huşağacı             | -                 | -       | + |
| Betulaceae    | <i>Corylus avellana</i> L.                   | Fındık               | Avrupa-<br>Sibiry | -       | - |
| Boraginaceae  | <i>Alkanna orientalis</i> (L.) Boiss.        | Sarısormuk           | İran-Turan        | -       | + |
| Boraginaceae  | <i>Anchusa azurea</i> Miller.                | Sığırdili            | -                 | -       | - |
| Boraginaceae  | <i>Anchusa leptophylla</i> Roem. & Schult.   | Ballık               | -                 | -       | - |
| Boraginaceae  | <i>Myosotis alpestris</i> F.W.Schmidt        | Boncukotu            | -                 | -       | + |
| Boraginaceae  | <i>Myosotis stricta</i> Roem. & Schult.      | Yitik<br>unutmabeni  | Avrupa-<br>Sibiry | -       | - |
| Boraginaceae  | <i>Onosma albo-rosea</i> Fisch. & C.A.Mey.   | Kaya emceği          | İran-Turan        | -       | + |
| Boraginaceae  | <i>Onosma bornmuelleri</i> Hausskn. & Bornm. | Amasya<br>şincarı    | İran-Turan        | Endemik | - |
| Brassicaceae  | <i>Alyssum pateri</i> Nyar.                  | Demet kekke          | İran-Turan        | Endemik | + |
| Brassicaceae  | <i>Brassica oleracea</i> L.                  | Lahana               | -                 | -       | + |



|                 |                                                  |                  |            |         |   |
|-----------------|--------------------------------------------------|------------------|------------|---------|---|
| Brassicaceae    | <i>Hesperis bicuspidata</i> (Willd.) Poir.       | Gece menekşesi   | -          | -       | - |
| Caryophyllaceae | <i>Minuartia juniperina</i> (L.) Maire & Petitm. | Hanımşiltesi     | -          | -       | + |
| Caryophyllaceae | <i>Saponaria prostrata</i> Willd.                | Ebemterliği      | İran-Turan | -       | - |
| Caryophyllaceae | <i>Silene arguta</i> Fenzl                       | Saman nakılı     | İran-Turan | -       | + |
| Caryophyllaceae | <i>Silene vulgaris</i> (Moench) Garcke           | Ecibücü          | -          | -       | + |
| Caryophyllaceae | <i>Silene spergulifolia</i> M.Bieb.              | Ana nakılı       | İran-Turan | -       | + |
| Caryophyllaceae | <i>Silene capitellata</i> Boiss.                 | Kavuklu nakıl    | İran-Turan | Endemik | - |
| Caryophyllaceae | <i>Silene armena</i> Boiss.                      | Çığıştak         | -          | -       | - |
| Caryophyllaceae | <i>Silene swertiifolia</i> Boiss.                | Bozkır nakılı    | -          | -       | + |
| Caryophyllaceae | <i>Silene chlorifolia</i> Sm.                    | Puşkullu         | İran-Turan | -       | - |
| Caryophyllaceae | <i>Silene caryophylloides</i> (Poir.) Otth       | Karanfil nakılı  | İran-Turan | -       | + |
| Caryophyllaceae | <i>Silene dichotoma</i> Ehrh.                    | Çatal nakıl      | -          | -       | + |
| Caryophyllaceae | <i>Silene otites</i> L.                          | Sinekkıran       | -          | -       |   |
| Caryophyllaceae | <i>Silene ruscifolia</i> Hub.-Mor.               | Gizli nakıl      | İran-Turan | Endemik | + |
| Caryophyllaceae | <i>Silene muradica</i> Schischk.                 | Malazgirt nakılı | İran-Turan | Endemik | + |
| Caryophyllaceae | <i>Silene supina</i> M.Bieb.                     | Fırat nakılı     | -          | -       | + |
| Campanulaceae   | <i>Asyneuma amplexicaule</i> Willd.              | Hoş değnek       | -          | -       | - |
| Campanulaceae   | <i>Campanula involucrata</i> Aucher ex A.D.C.    | Sarımçanı        | İran-Turan | -       | + |
| Campanulaceae   | <i>Campanula stricta</i> L.                      | Gür çançiçeği    | İran-Turan | -       | + |

|                |                                         |                  |                |         |   |
|----------------|-----------------------------------------|------------------|----------------|---------|---|
| Campanulaceae  | <i>Campanula glomerata</i> L.           | Yumakçanı        | Avrupa-Sibirya | -       | + |
| Convolvulaceae | <i>Convolvulus lineatus</i> L.          | Top yayılğan     | -              | -       | + |
| Convolvulaceae | <i>Convolvulus arvensis</i> L.          | Tarlasarmaşı ğı  | -              | -       | - |
| Cucurbitaceae  | <i>Cucurbita pepo</i> L.                | Sakız kabağı     | -              | -       | - |
| Crassulaceae   | <i>Sedum album</i> L.                   | Çoban kavurgası  | -              | -       | + |
| Euphorbiaceae  | <i>Euphorbia herniariifolia</i> Willd.  | Boncuk sütleğeni | -              | -       | - |
| Euphorbiaceae  | <i>Euphorbia petrophila</i> C.A.Mey.    | Taş sütleğeni    | Avrupa-Sibirya | -       | + |
| Euphorbiaceae  | <i>Euphorbia macroclada</i> Boiss.      | Neblul           | İran-Turan     | -       | - |
| Euphorbiaceae  | <i>Euphorbia denticulata</i> Lam.       | Karasütlük       | İran-Turan     | -       | - |
| Fabaceae       | <i>Astragalus asciocalyx</i> Bunge      | Külâh geveni     | İran-Turan     | Endemik | + |
| Fabaceae       | <i>Astragalus aucheri</i> Boiss.        | Kır geveni       | İran-Turan     | Endemik | + |
| Fabaceae       | <i>Astragalus densifolius</i> Lam.      | Gümüş geven      | İran-Turan     | Endemik | + |
| Fabaceae       | <i>Astragalus tigridis</i> Boiss.       | Dicle geveni     | İran-Turan     | -       | - |
| Fabaceae       | <i>Astragalus onobrychis</i> L.         | Korunga geveni   | İran-Turan     | -       | + |
| Fabaceae       | <i>Astragalus odoratus</i> Lam.         | Misk geveni      | -              | -       | + |
| Fabaceae       | <i>Astragalus ornithopodioides</i> Lam. | Pala geveni      | İran-Turan     | -       | - |
| Fabaceae       | <i>Astragalus lagopodioides</i> Vahl    | Duvaklı geveni   | İran-Turan     | Endemik | - |
| Fabaceae       | <i>Astragalus lineatus</i> Lam.         | Patpat           | İran-Turan     | -       | + |
| Fabaceae       | <i>Astragalus macrocephalus</i> Willd.  | Sarıponpon       | İran-Turan     | Endemik | + |
| Fabaceae       | <i>Astragalus ponticus</i> Pall.        | Zümra geveni     | -              | -       | + |

|              |                                                        |                |                |         |   |
|--------------|--------------------------------------------------------|----------------|----------------|---------|---|
| Fabaceae     | <i>Astragalus plumosus</i> Willd.                      | Tavşantopağı   | İran-Turan     | Endemik | + |
| Fabaceae     | <i>Lotus corniculatus</i> L.                           | Gazalboynuzu   | -              | -       | + |
| Fabaceae     | <i>Melilotus officinalis</i> L.                        | Kokuluyonca    | -              | -       | + |
| Fabaceae     | <i>Trifolium pratense</i> L.                           | Çayır üçgülü   | -              | --      | - |
| Fabaceae     | <i>Trifolium campestre</i> Schreb.                     | Üçgül          | -              |         | - |
| Fabaceae     | <i>Onobrychis oxyodonta</i> Boiss.                     | Kırkorungası   | -              | --      | + |
| Fabaceae     | <i>Onobrychis montana</i> DC.                          | Dağ korungası  | -              |         | - |
| Fabaceae     | <i>Onobrychis cornuta</i> L.                           | Kuşkaçıran     | İran-Turan     | -       | + |
| Fabaceae     | <i>Onobrychis galegifolia</i> Boiss.                   | Darp korungası | İran-Turan     | -       | + |
| Fabaceae     | <i>Pisum sativum</i> L.                                | Bezelye        | -              | -       | - |
| Fabaceae     | <i>Vicia caesarea</i> Boiss.                           | Dandaran       | İran-Turan     | Endemik | + |
| Fabaceae     | <i>Vicia cracca</i> L.                                 | Kuş fiği       | Avrupa-Sibirya | -       | - |
| Fagaceae     | <i>Quercus macranthera</i> Fisch. & C.A.Mey. ex Hohen. | Kafkas meşesi  | -              | Endemik | - |
| Geraniaceae  | <i>Geranium tuberosum</i> L.                           | Çakmuz         | -              | -       | + |
| Geraniaceae  | <i>Geranium pyrenaicum</i> Burm. F.                    | Gelinçarşafı   | -              | -       |   |
| Hypericaceae | <i>Hypericum perforatum</i> L.                         | Kantaron       | -              | -       | + |
| Hypericaceae | <i>Hypericum scabrum</i> L.                            | Karahasança y1 | İran-Turan     | -       | - |
| Juglandaceae | <i>Juglans regia</i> L.                                | Ceviz          | -              | -       | + |

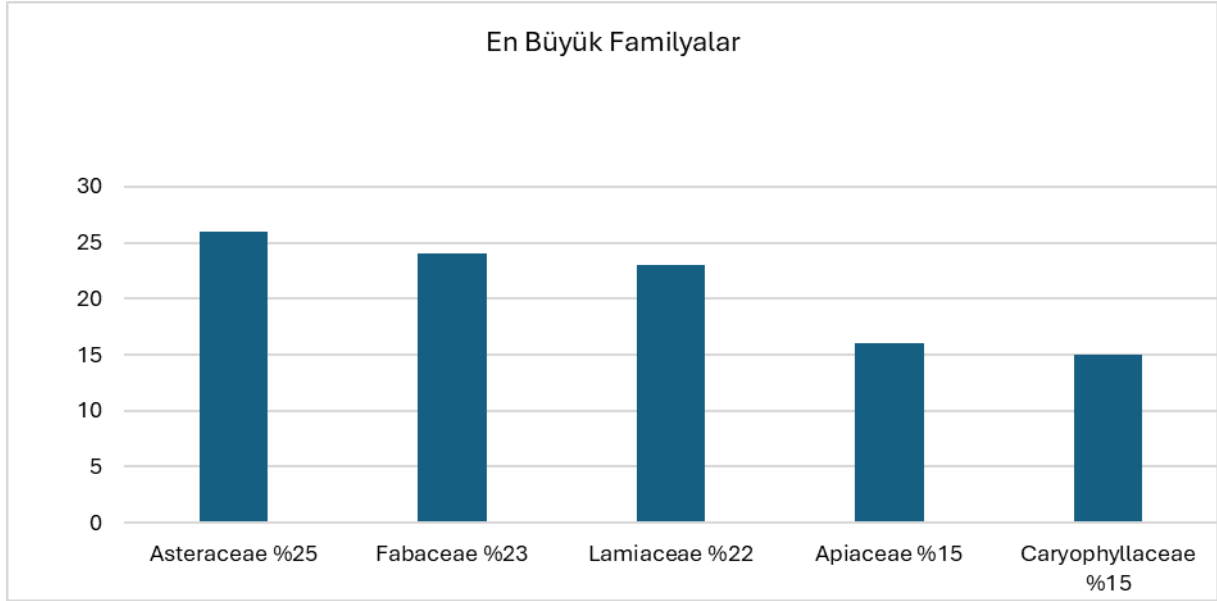
|           |                                                             |              |                |         |   |
|-----------|-------------------------------------------------------------|--------------|----------------|---------|---|
| Iridaceae | <i>Iris caucasica</i> Hoffm. subsp. <i>turcica</i> B.Mathew | Türk navruzu | Avrupa-Sibirya | -       | + |
| Lamiaceae | <i>Lamium album</i> L.                                      | Balıca       | Avrupa-Sibirya | -       | - |
| Lamiaceae | <i>Lallemantia iberica</i> Fisch. & C.A.Mey.                | Ajdarbaşı    | İran-Turan     | -       | - |
| Lamiaceae | <i>Lamium garganicum</i> L.                                 | Bol balıca   | -              | -       | + |
| Lamiaceae | <i>Marrubium parviflorum</i> Fisch. & C.A.Mey               | Bozotu       | İran-Turan     | -       | - |
| Lamiaceae | <i>Mentha longifolia</i> L.                                 | Pünk         | Karadeniz      | -       | + |
| Lamiaceae | <i>Salvia frigida</i> Boiss.                                | Sağır şalba  | İran-Turan     | -       | - |
| Lamiaceae | <i>Stachys lavandulifolia</i> Vahl                          | Tüylüçay     | İran-Turan     | -       | + |
| Lamiaceae | <i>Stachys byzantina</i> K.Koch                             | Bozkarabaş   | Avrupa-Sibirya | -       | + |
| Lamiaceae | <i>Stachys setifera</i> C.A.Mey.                            | İnce deliçay | İran-Turan     | -       | + |
| Lamiaceae | <i>Stachys iberica</i> M.Bieb.                              | Tok deliçay  | İran-Turan     | -       | - |
| Lamiaceae | <i>Scutellaria orientalis</i> L.                            | Sarı kaside  | İran-Turan     | -       | - |
| Lamiaceae | <i>Salvia multicaulis</i> Vahl                              | Kürtreyhanı  | İran-Turan     | -       | + |
| Lamiaceae | <i>Salvia sclarea</i> L.                                    | Paskulak     | -              | -       | + |
| Lamiaceae | <i>Salvia verticillata</i> L.                               | Dadırac      | Avrupa-Sibirya | -       | - |
| Lamiaceae | <i>Nepeta italica</i> L.                                    | Eşekçayı     | -              | -       | + |
| Lamiaceae | <i>Nepeta nuda</i> L.                                       | Mor küncü    | -              | -       | + |
| Lamiaceae | <i>Salvia candidissima</i> Vahl                             | Galabor      | İran-Turan     | -       | - |
| Lamiaceae | <i>Phlomis linearis</i> Boiss. & Balansa                    | Yaylaotu     | İran-Turan     | Endemik | - |
| Lamiaceae | <i>Phlomis pungenes</i> Willd.                              | Silvanok     | -              | -       | + |

|                |                                                 |                     |                |   |   |
|----------------|-------------------------------------------------|---------------------|----------------|---|---|
| Lamiaceae      | <i>Teucrium chamaedrys</i> L.                   | Kısamahmut          | Avrupa-Sibirya | - | - |
| Lamiaceae      | <i>Thymus sipyleus</i> Boiss.                   | Sipilkekiği         | -              | - | - |
| Lamiaceae      | <i>Teucrium orientale</i> L.                    | Kirveotu            | İran-Turan     | - | + |
| Lamiaceae      | <i>Thymus fallax</i> Fisch. & C.A.Mey.          | Catri               | İran-Turan     | - | - |
| Moraceae       | <i>Morus alba</i> L.                            | Ak dut              | -              | - | + |
| Moraceae       | <i>Morus nigra</i> L.                           | Kara dut            | -              | - | + |
| Onagraceae     | <i>Epilobium angustifolium</i> L.               | Yakı otu            | -              | - | - |
| Onagraceae     | <i>Epilobium hirsutum</i> L.                    | Hasanhüseyi nçiçeği | -              | - | - |
| Lythraceae     | <i>Lythrum salicaria</i> L.                     | Hevhulma            | Avrupa-Sibirya | - | - |
| Plantaginaceae | <i>Globularia trichosantha</i> Fisch. & C.A.Mey | Köseyayılımı        | İran-Turan     | - | + |
| Polygonaceae   | <i>Polygonum bistorta</i> L.                    | Çimeneveleği        | Avrupa-Sibirya | - | - |
| Ranunculaceae  | <i>Adonis aestivalis</i> L.                     | Kandamlası          | -              | - | - |
| Ranunculaceae  | <i>Ranunculus isthmicus</i> Boiss.              | Köstebekotu         | -              | - | + |
| Ranunculaceae  | <i>Ranunculus repens</i> L.                     | Tiktakdana          | -              | - | + |
| Resedaceae     | <i>Reseda lutea</i> L.                          | Muhabbetçiçeği      | -              | - | - |
| Rosaceae       | <i>Armeniaca vulgaris</i> Lam.                  | Kayısı              | -              | - | - |
| Rosaceae       | <i>Agromonia eupatoria</i> L.                   | Fıtıkotu            | -              | - | - |
| Rosaceae       | <i>Cotoneaster integerrimu</i> Medik            | Garagat             | -              | - | - |

|            |                                                  |                 |                |   |   |
|------------|--------------------------------------------------|-----------------|----------------|---|---|
| Rosaceae   | <i>Cotoneaster nummularius</i> Fisch. & C.A.Mey. | Dağmuşmulası    | -              | - | + |
| Rosaceae   | <i>Crataegus monogyna</i> Jacq.                  | Yemişen         | -              | - | - |
| Rosaceae   | <i>Cydonia oblonga</i> Mill.                     | Ayva            | -              | - | + |
| Rosaceae   | <i>Fragaria vesca</i> L.                         | Dağ çileği      | -              | - | - |
| Rosaceae   | <i>Malus sylvestris</i> (L.) Mill.               | Yaban elması    | -              | - | + |
| Rosaceae   | <i>Prunus domestica</i> L.                       | Erik            | -              | - | - |
| Rosaceae   | <i>Pyrus elaeagnifolia</i> Pall.                 | Ahlat           | -              | - | - |
| Rosaceae   | <i>Sanguisorba minor</i> L.                      | Çayır düğmesi   | -              | - | - |
| Salicaceae | <i>Salix caprea</i> L.                           | Solgun          | Avrupa-Sibirya | - | + |
| Rubiaceae  | <i>Galium incanum</i> Sm.                        | Külâh iplikçığı | Doğu Akdeniz   | - | - |

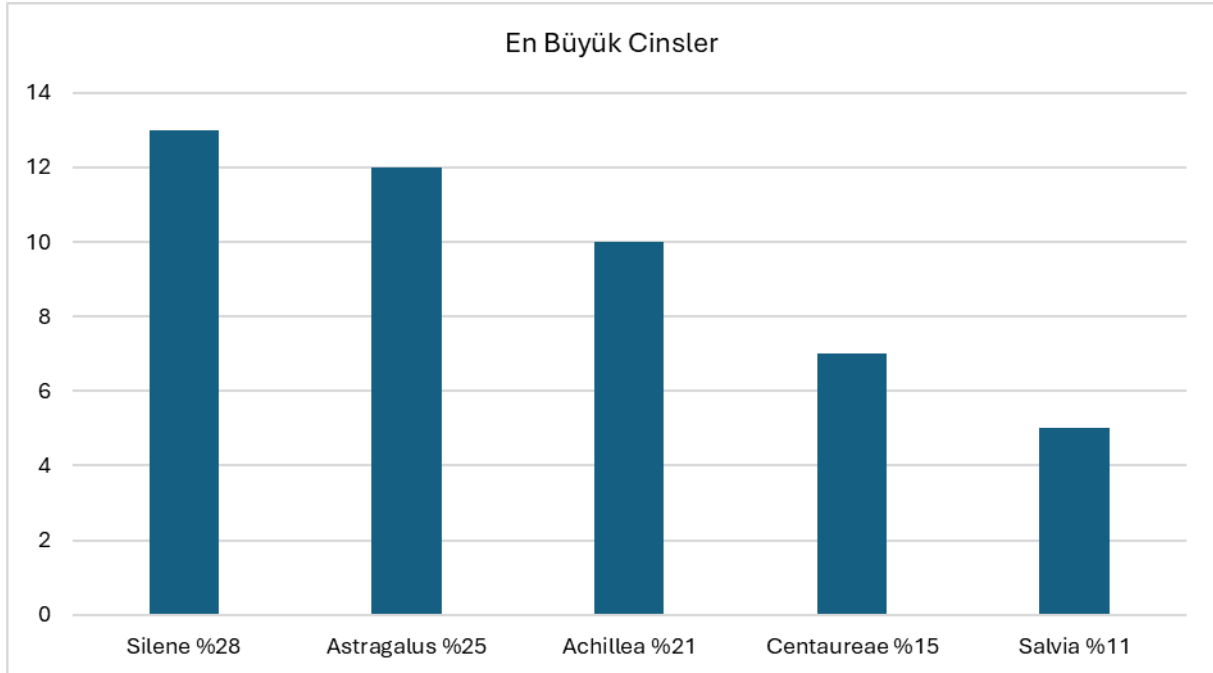
## SONUÇ VE TARTIŞMA

Bu çalışma sonucunda Erzincan ve çevresinde 33 familyaya ait 165 takson tespit edilmiştir. Taksonların beş büyük familyaya dağılımı ve oranları; Asteraceae (Papatyagiller) familyası 26 takson (%25), Fabaceae (Baklagiller) familyası 24 tür (%23), Lamiaceae (Ballıbabagiller) familyasından 23 tür (%22), Apiaceae (Maydanozgiller) familyasından 16 tür (%15), Caryophyllaceae (Karanfilgiller) familyasından 15 tür (%15)'dür.



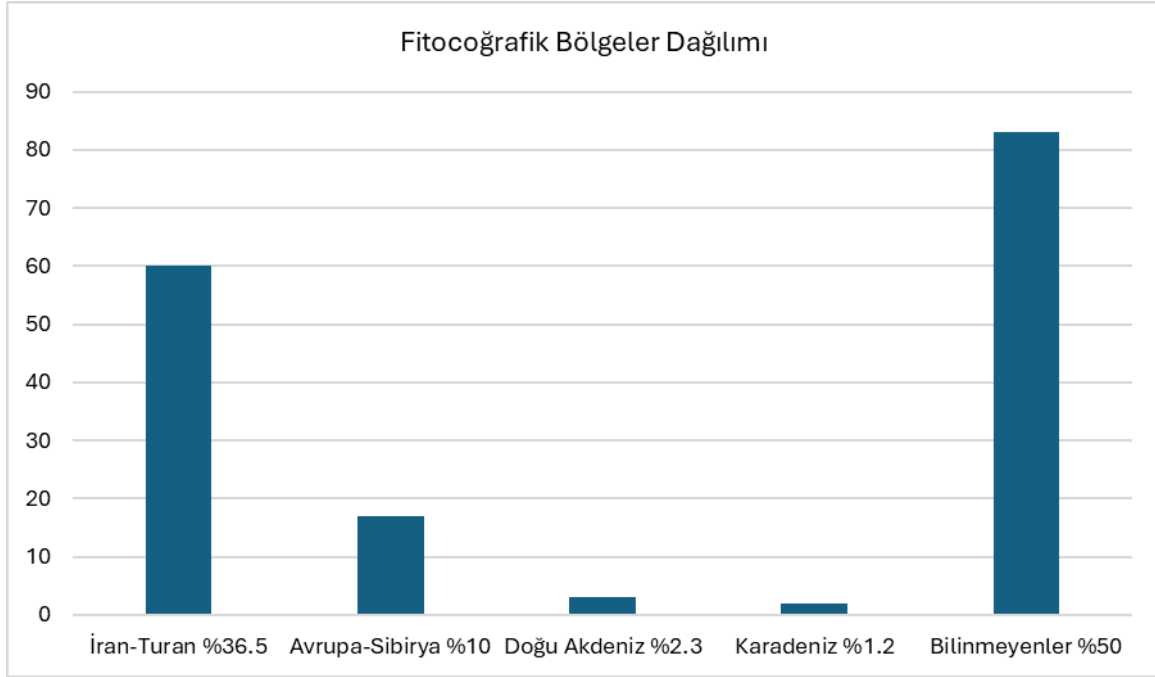
### Çizelge 2. Bitkilerin en büyük familyalara dağılımı

En büyük cinsler; Silene 13 takson (%28), Astragalus 12 takson (%25), Achillea 10 takson (%21), Centaurea 7 takson (%15), Salvia 5 takson (%11)'dir.



### Çizelge 3. Bitkilerin en büyük cinslere dağılımı

Belirlenen taksonların fitocoğrafya bölgelerine dağılımı şöyledir. 60 tür (%36,5) İran-Turan Elementi, 17 tür (%10) Avrupa-Sibirya Elementi, 3 tür (%2) Doğu Akdeniz Elementi, 2 tür (%1,2) Karadeniz Elementi, 83 takson (%50) ise elementi bilinmeyenlerdir.



#### Çizelge 4. Bitkilerin fitocoğrafya bölgelerine dağılımı

Ayrıca 22 (%13.43) tür endemiktir. Endemik bitkiler: *Eryngium ilex* P.H.Davis, *Heracleum pastinacifolium* K.Koch., *Bellevalia crassa* Wendelbo, *Achillea pseudoalepica* Hausskn. ex Hub.-Mor., *Achillea magnifica* Heimerl ex Hum.Mor., *Achillea teretifolia* Willd., *Centaurea carduiformis* DC., *Centaurea drabifolia* Sibth. & Sm., *Onosma bornmuelleri* Hausskn. & Bornm., *Alyssum pateri* Nyar., *Silene capitellata* Boiss., *Silene ruscifolia* Hub.-Mor., *Silene muradica* Schischk., *Astragalus asciocalyx* Bunge,

*Astragalus aucheri* Boiss., *Astragalus densifolius* Lam., *Astragalus lagopodioides* Vahl, *Astragalus macrocephalus* Willd., *Astragalus plumosus* Willd., *Vicia caesarea* Boiss., *Quercus macranthera* Fisch. & C.A.Mey. ex Hohen., *Phlomis linearis* Boiss. & Balansa'dir.

Yapılan literatür taramasında Erzincan çevresinde ballı bitkilerin belirlenmesi amacıyla yapılan tek bir çalışmaya rastlanmıştır. Dumanlı Dağları (Refahiye-Erzincan)'nda gerçekleştirilen bu çalışma [24] sonucunda yörede doğal olarak yetişen toplam 10 familyaya ait 71 bitki taksonundan bal arıların yararlandığı belirlenmiştir. Yaptığımız bu çalışmada 33 familyaya ait 165 takson belirlenmiştir. Bölgenin ballı bitkiler bakımından zengin bir floristik yapıya sahip olduğu bilinmektedir. Yapılacak yeni ve kapsamlı çalışmalarla Erzincan çevresinin ballı bitkiler potansiyeli ortaya konulabilecektir.

#### KAYNAKÇA

- [1] Baytop, T. (1994). *Türkçe Bitki Adları Sözlüğü* (Vol. 578). Türk Dil Kurumu.
- [2] Tunçel, H. (1992). Türkiye'de (1966-1986 yılları arasında) arıcılığa genel bir bakış.
- [3] Korkmaz, M., & Karacan, S. (2015). Erzincan'ndaki bazı erozyonlu alanlar ve bu alanların baskın bitki türleri. *Biyoloji Bilimleri Araştırma Dergisi*, 8(2), 12-23.
- [4] Korkmaz, M., & İlhan, V. (2015). Distribution, traditional use and conservation of geophyte plants growing around Keşiş Mountain, Eastern Anatolia, Turkey. *International Journal of Scientific Research in Knowledge*, 3(7), 187-197.



- [5] Sıralı, R., & Deveci, M. (2002). Balarısı (*Apis mellifera* L.) İçin Önemli Olan Bitkilerin Trakya Bölgesinde İncelenmesi. *Uludağ Arıcılık Dergisi*, 2(1), 17-26.
- [6] Erdoğan, Y., Dodoloğlu, A., & Zengin, H. (2004). Farklı çevre koşullarının bal kalitesi üzerine etkileri/Effect of different environmental conditions on honey quality. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 36(2), 157-162.
- [7] Öztürk, F., Erkan, C., Ölçücü, C., Çiriğ, N., Özok, N., & Ögün, E. (2017). Van ili peyzaj bitkilerinin arıcılık açısından değerlendirilmesi. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi*, 27(4), 601-607.
- [8] Deveci, M., Sıralı, R., & Demirkol, G. (2012). Ordu İli Meralarında Bal Arısı (*Apis mellifera* L.) İçin Önemli Nektarlı ve Polenli Bitki Türleri. *Türk Bilimsel Derlemeler Dergisi*, (2), 45-48.
- [9] Bakoğlu, A., Kutlu, M., & Bengü, A. (2014). Bingöl ilinde arıların yoğun olarak konakladıkları alanlarda üretilen ballarda bulunan polenlerin tespiti. *Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi*, 1(3), 348-353.
- [10] Eminağaoğlu, Ö. (2015). Artvin'in Doğal Bitkileri.
- [11] Kadriye Sorkun. (2008). Türkiye'nin Nektarlı Bitkileri Polenleri ve Balları. Palme Yayınevi.
- [12] Şahin İ F, Gök Y (2011). Erzincan İli'nde Arıcılık. *Doğu Coğrafya Dergisi*, 9(11).
- [13] Adam, K. L. (2006). Lavender production, products, markets, and entertainment farms. Retrieved November, 5, 2006.
- [14] Kekeçoğlu, M. (2014). Sürdürülebilir çevre için arı farkındalığı yaratılmasında" Arı Biziz Bal Da Bizdedir" projesinin yeri. *Uludağ Arıcılık Dergisi*, 14(2), 74-87.
- [15] Korkmaz, M., İlhan, V. (2015). Distribution, Traditinal Use and Conservation of Geophyte Plants Growing Around Keşiş Mountain, Eastern Anatolia, Turkey. *International Journal of Scientific Research in Knowledge*, 3(7): 187-197.
- [16] Güner, A., N. Özhatay, T. Ekim And K.H.C. Başer. 2000. *Flora Of Turkey And The East Aegean Islands*. Vol. 11, Edinburgh University Press, Edinburgh.
- [17] Kandemir, A., Menemen, Y., Yıldırım, H., Aslan, S., Ekşi, G., Güner, I., & Çimen, A. Ö. (2014). *Resimli Türkiye Florası* (Vol. 1). A. Güner (Ed.). Alinihat Gökyiğit Vakfı.
- [18] Kandemir, A. And Z. Türkmen. 2008. The Flora Of Üzümlü-Sakaltutan (Erzincan-Gümüşhane). *Turk. J. Bot.*, 32(4): 265-304.
- [19] McGregor, S. E. (1976). *Insect pollination of cultivated crop plants* (No. 496). Agricultural Research Service, US Department of Agriculture.
- [20] Kandemir, A., Makbul, S., Türkmen, Z., & Yılmaz, M. (2006). Morphological, anatomical and palynological investigation on *Sonchus erzincanicus* Matthews (Asteraceae). *Turkish journal of Botany*, 30(5), 405-411.
- [21] Korkmaz, M., & Onkaş, İ. (2023). Dumanlı Dağları (Refahiye-Erzincan) Florası. *Bağbahçe Bilim Dergisi*, 10(1), 99-135.
- [22] Korkmaz, M., N. Turgut. 2014. *Flora Of Ergen Mountain* (Erzincan/ Turkey). *Biol. Divers. Conservat.*, 7(3): 195-216.
- [23] Türkiye Coğrafyası Araştırma ve Uygulama Merkezi Dergisi, 24(1): 96-128.
- [24] Korkmaz, M., Onkaş, İ., ve Kozan, E., *Dumanlı Dağı (Refahiye-Erzincan) Çevresinde Yetişen Bal Bitkileri*, Refahiye Araştırmaları Sempozyumu, 211-221, Erzincan, 2019.

## ERZİNCAN'IN AĞAÇ VE ÇALI FLORASINA KATKILAR

**Prof. Dr. Mustafa KORKMAZ**

Erzincan Binali Yıldırım Üniversitesi

mkorkmaz@erzincan.edu.tr-0000-0001-6732-7874

**Kadir ASLAN**

Erzincan Binali Yıldırım Üniversitesi

aslankadir1860@gmail.com -0009-0009-9284-5644

### ÖZET

Erzincan, Türkiye'nin Doğu Anadolu bölgesinde yer almakta olup Gümüşhane, Bayburt, Tunceli, Erzurum, Elâzığ, Malatya, Bingöl ve Sivas ile komşudur. 11.903 km<sup>2</sup> yüzölçümüne sahip olan Erzincan'da karasal iklim hâkimdir; ancak bölge illerine göre daha ılıman bir iklimi vardır. Ortalama yıllık sıcaklık 16.6°C olup, kışın en soğuk ay ocak ayı (ortalama -3.7°C), yazın en sıcak ay ağustos ayı (ortalama 23.9°C)'dir. Erzincan, zengin floristik yapısı ve doğal güzellikleriyle dikkat çeken bir şehirdir. Bu çalışmada alanın ağaçlar ve çalılar bakımından bitkisel zenginliğin ortaya çıkarılması amaçlanmıştır. Çalışma kapsamında yörede arazi ve herbaryum çalışmaları gerçekleştirilmiş ve Erzincan'ın ağaç ve çalı türleri belirlenmeye çalışılmıştır. Çalışmanın birinci aşamasında Erzincan Binali Yıldırım Üniversitesi Herbaryumu'nda bulunan ağaç ve çalı türlerinin listesi çıkarılmış ikinci aşamada ise arazi çalışmaları gerçekleştirilmiştir. Çalışmalar sonucunda Erzincan'da yetişen ağaç ve çalı türlerinin bir listesi oluşturulmuştur. Yapılan arazi çalışmaları sonucunda 21 familyaya ait 63 takson, herbaryum çalışmaları sonucunda ise 13 familyaya ait 38 takson belirlenmiştir. Toplamda ise 29 familyaya ait 101 ağaç ve çalı taksonu belirlenmiştir. Ayrıca literatürde yer alan taksonlarla beraber toplam takson sayısının 125 olduğu görülmüştür. Bu taksonlardan 56'sı (% 44,8 ağaç, 45'i (% 36) çalı formundadır. Belirlenen bu familyalar arasında 48 taksonla (% 38,4) en büyük familya Rosaceae, İkinci familya 12 takson (% 9,6) ile Cupressaceae ve üçüncü familya 8 takson (% 6,4) ile Pinaceae'dir. Belirlenen taksonların fitocoğrafik bölgelere dağılımı; Avrupa-Sibirya elementi 22 takson (% 17,6), İran-Turan elementi 10 takson (% 8), Akdeniz elementi 6 takson (% 4,8), Karadeniz elementi 5 takson (% 4) ve bölgesi bilinmeyenler 82 (% 65,6) takson şeklinde bulunmuştur. Taksonlardan 5'i (% 4) endemiktir.

**Anahtar Kelimeler:** Erzincan, Flora, Ağaçlar, Çalılar

## 1. GİRİŞ

Erzincan Gümüşhane, Bayburt, Tunceli, Erzurum, Elâzığ, Malatya, Bingöl ve Sivas'a sınırı bulunmaktadır. Erzincan'ın ilçeleri; Çayırlı, İliç, Kemah, Kemaliye, Otlukbeli, Refahiye, Tercan ve Üzümlü'dür. Şehrin Gümüşhane, Bayburt, Erzurum, Tunceli ve Sivas'a doğrudan ana karayolu ile bağlantısı bulunmaktadır. 11.903 Km<sup>2</sup> yüzölçümüne sahip Erzincan, karasal iklimin hâkim olduğu bir il olmasına rağmen bölge illerine kıyasla ılıman bir iklime sahiptir. Yıllık sıcaklık ortalamaları 16,6 oC'dir. En soğuk ay olan ocak ayı ortalamasının -3,7 oC, en sıcak ay olan ağustos ayı ortalamasının da 23,9 oC olduğu görülmektedir. Kış mevsiminde doğudan gelen Sibiryâ kaynaklı hava kütlelerinin tesirinde kaldığı için oldukça sert kış günleri yaşanmaktadır. Ancak Erzincan, çevre illere göre daha uzun ve sıcak yaz mevsimine sahiptir. Şehirdeki ovaların etrafı genellikle dağlarla çevrili olması nedeniyle yer yer değişik karakterli iklimler ortaya çıkmaktadır. İlin Doğu Anadolu bölgesinde yer alan Elâzığ ve Malatya dışındaki diğer tüm illerden daha ılıman bir iklimi vardır. Bu sebeple bölgede narenciye hariç hemen hemen her türlü meyve yetismekte olup, tarım gelirlerinin önemli bir kısmını meyvecilik oluşturmaktadır. Erzincan'da akarsu boylarında görülen kavak ve söğütlerin dışında genel olarak kısa ömürlü cılız otsu bitkiler yaygındır. Ormanlar Refahiye ve Kemah çevresinde meşe, gürgen, diş budak ve sarı çam olarak yoğunlaşmıştır. İl topraklarının 911.479 ha. Yaklaşık yüzde 76,57 si erozyona maruzdur. Ağaçlar ve çalılar toprak erozyonuna karşı oldukça önemli rol oynamaktadırlar. Erzincan'ın bitki zenginliği, ilin coğrafi konumu, topografyası ve iklim koşullarından kaynaklanmaktadır. İl, Karadeniz Bölgesi, İç Anadolu Bölgesi ve Doğu Anadolu Bölgesi'nin kesiştiği noktada yer almaktadır. Bu durum, ilin farklı iklim ve bitki türlerine ev sahipliği yapmasına imkân tanımaktadır. Erzincan'ın iklimi, karasal iklime yakındır. İl, yazları sıcak ve kurak, kışları soğuk ve kar yağışlı geçmektedir. Bu iklim koşulları, ilin farklı bitki türlerinin gelişmesine imkân sağlamaktadır [1- 4].

Ağaçlar boyu en az beş metre, gövde çapı da on santimetreden aşağı olmayan, dal, sürgün ve yaprakların oluşturduğu tepe tacını tek bir gövde ile taşıyan, her yıl çap artımı yaparak boylanan ve dokularındaki hücrelerin büyük bölümü odunlaşmış olan uzun ömürlü odunsu bitkiler şeklinde tanımlanmaktadır. Çalılar ise ormanların tahribi ile meydana gelen 1-2 metre boyundaki ağaççıkların oluşturduğu bitki formasyonuna denir. Bu formasyon asıl bitki formasyonu olmayıp insanların orman açma, orman yakma gibi faaliyetleri sonucu oluşur. Çalılar kışın yaprak döken ve dökmeyen (herdem yeşil) türleri bulunur. Belli başlı çalı formasyonları maki, garig, psödomaki'dir [5; 6].

Erzincan çevresinde ilk kez yapılan bu çalışma ile Erzincan çevresinde yetişen ağaç ve çalı florasının ortaya çıkarılması ve Erzincan florasına katkı sağlanması amaçlanmıştır.

## 2. MATERYAL VE METOD

### 2.1. Arazi Çalışmaları

Bu çalışma ile Erzincan çevresinde yapılan arazi çalışmaları kapsamında ağaç ve çalı türlerinin bir listesi oluşturulması amaçlanmıştır. Bu amaçla yapılan arazi çalışmaları sırasında belirlenen bitkilerden örnekler alınmış ve tür teşhisleri yapılmıştır. Ayrıca teşhis çalışmalarında yararlanmak üzere bitkiler fotoğraflanmıştır. Belirlenen türlerin sırasıyla familya adları, tür adları, Türkçe adları, lokaliteleri, toplanma tarihleri, bitki formu ve fotoğrafları verilmiştir.

## 2.2. Herbaryum Çalışmaları

Bitkilerin preslenmesi; Araziden aldığımız ağaç ve çalı örnekleri önce preslenerek, herbaryum kurallarına uygun olarak kurutulduktan sonra teşhis çalışmalarına geçilmiştir. Teşhis çalışmalarında Flora of Turkey and East Eagean Islands [7- 9] adlı eserler başta olmak üzere çeşitli floristik kaynaklardan yararlanılmıştır.

Son olarak teşhisi tamamlanan örnekler herbaryum kartonlarına yapıştırılmış, etiketlenmiş ve herbaryum dolaplarına yerleştirilmiştir. Böylece herbaryum örneklerinden ilgili kişilerin ve araştırmacıların yararlanabilmesi için uzun yıllar bozulmadan saklanması sağlanacaktır.

## 2.3. Literatür Taraması

Arazi ve herbaryum çalışmaları sonucu Erzincan çevresinde yetiştiği belirlenen ağaç ve çalı taksonlarının listesi çıkarılmıştır. Son olarak ilgili alanda yapılan floristik çalışmalar [4; 10-19] taranarak listeye kesinlik kazandırılmıştır.

## 3. BULGULAR

Çalışmalar sonucu Erzincan çevresinde yetiştiği belirlenen ağaç ve çalı taksonlarının familya adları, tür adları, herbaryum arazi ve literatürde olup olmadıkları, yapısı, fitocoğrafi elementi ve endemik olup olmadıkları Çizelge 1’de belirtilmiştir.

**Çizelge 1. Erzincan Çevresinde Belirlenen Ağaç ve Çalı Taksonları**

| FAMİLYA/ Takson                                                    | HERB. | ARAZİ | LİTER. | AĞAÇ/<br>ÇALI | ELEME<br>NTİ   | ENDEMİZM         |
|--------------------------------------------------------------------|-------|-------|--------|---------------|----------------|------------------|
| ADOXACEAE/<br>MÜRVERGİLLER<br><i>Sambucus nigra</i> L.             | X     |       | X      | Çalı          | Av.-Sib.       | Endemik<br>değil |
| <i>Viburnum lantana</i> L.                                         | X     |       | X      | Çalı          | Av.-Sib.       | Endemik<br>değil |
| <i>Viburnum opulus</i> L.                                          | X     | X     | X      | Çalı          | Av.-Sib.       | Endemik<br>değil |
| ANACARDIACEAE/<br>MENENGİÇGİLLER<br><i>Rhus coriaria</i> L.        |       |       | X      | Çalı          | Bilinmey<br>en | Endemik<br>değil |
| BERBERIDACEAE/<br>KARAMUKGİLLER)<br><i>Berberis crataegina</i> DC. |       |       | X      | Çalı          | İr.-Tur.       | Endemik<br>değil |
| <i>Berberis vulgaris</i> L.                                        | X     | X     | X      | Çalı          | Bilinmey<br>en | Endemik<br>değil |
| <i>Berberis thunbergii</i> DC.                                     |       | X     |        | Çalı          | Bilinmey<br>en | Endemik<br>değil |

|                                                                                     |   |   |   |      |                |                  |
|-------------------------------------------------------------------------------------|---|---|---|------|----------------|------------------|
| <i>Berberis aquifolium</i> Pursh                                                    |   | X |   | Çalı | Bilinmey<br>en | Endemik<br>değil |
| BETULACEAE/ HUŞGİLLER<br><i>Corylus avellana</i> L.                                 | X |   |   | Çalı | Av.-Sib.       | Endemik<br>değil |
| <i>Betula Pendula</i> Roth.                                                         | X | X |   | Ağaç | Bilinmey<br>en | Endemik<br>değil |
| BIGNONIACEAE/<br>KATALPAGİLLER<br><i>Catalpa bignonioides</i> Walter                |   | X |   | Ağaç | Bilinmey<br>en | Endemik<br>değil |
| BUXACEAE/<br>ŞİMŞİRGİLLER)<br><i>Buxus sempervirens</i> L.                          |   | X |   | Çalı | Av.-Sib.       | Endemik<br>değil |
| CAPRIFOLIACEAE/<br>HANİMELİGİLLER)<br><i>Weigela florida</i> (Bunge) A.DC.          |   | X |   | Çalı | Bilinmey<br>en | Endemik<br>değil |
| CUPRESSACEAE/<br>SERVİGİLLER<br><i>Hesperocyparis arizonica</i><br>(Greene) Bartel. |   | X |   | Ağaç | Bilinmey<br>en | Endemik<br>değil |
| <i>Juniperus chinensis</i> L.                                                       | X |   |   | Ağaç | Bilinmey<br>en | Endemik<br>değil |
| <i>Juniperus communis</i> L. var.<br><i>communis</i>                                | X |   | X | Çalı | Bilinmey<br>en | Endemik<br>değil |
| <i>Juniperus communis</i> L. var.<br><i>saxatilis</i> Pall.                         | X |   | X | Çalı | Bilinmey<br>en | Endemik<br>değil |
| <i>Juniperus excelsa</i> M.Bieb.<br>subsp. <i>excelsa</i>                           | X |   | X | Ağaç | Bilinmey<br>en | Endemik<br>değil |
| <i>Juniperus excelsa</i> subsp.<br><i>polycarpus</i> (K.Koch) Takth.                | X |   |   | Ağaç | Bilinmey<br>en | Endemik<br>değil |
| <i>Juniperus horizontalis</i> Moench                                                | X | X |   | Çalı | Bilinmey<br>en | Endemik<br>değil |
| <i>Juniperus macrocarpa</i> Sm.                                                     | X |   |   | Ağaç | Akdeniz        | Endemik<br>değil |
| <i>Juniperus oxycedrus</i> L. subsp.<br><i>oxycedrus</i>                            | X |   | X | Ağaç | Bilinmey<br>en | Endemik<br>değil |
| <i>Juniperus sabina</i> L.                                                          | X |   |   | Çalı | Bilinmey<br>en | Endemik<br>değil |
| <i>Juniperus scopulorum</i> Sarg.                                                   |   | X |   | Çalı | Bilinmey<br>en | Endemik<br>değil |

|                                                                          |   |   |   |        |                |                  |
|--------------------------------------------------------------------------|---|---|---|--------|----------------|------------------|
| <i>Platycladus orientalis</i> (L.)<br>Franco                             |   | X |   | Ağaç   | Bilinmey<br>en | Endemik<br>değil |
| ELAEAGNACEAE/<br>İĞDEĞİLLER<br><i>Elaeagnus angustifolia</i> L.          |   | X | X | Ağaç   | Bilinmey<br>en | Endemik<br>değil |
| EQUISATACEAE/<br>ATKUYRUĞUGİLLER<br><i>Equisetum arvense</i> L.          | X |   |   | Çalı ? | Bilinmey<br>en | Endemik<br>değil |
| EPHEDRACEAE/<br>DENİZÜZÜMÜĞİLLER<br><i>Ephedra distachya</i> L.          | X |   |   | Çalı   | Bilinmey<br>en | Endemik<br>değil |
| <i>Ephedra majör</i> Host                                                | X |   | X | Çalı   | Av.-Sib.       | Endemik<br>değil |
| FABACEAE/ BAKLAGİLLER<br><i>Laburnum anagyroides</i> Medik.              |   | X |   | Çalı   | Bilinmey<br>en | Endemik<br>değil |
| <i>Robinia pseudoacacia</i> L.                                           |   | X |   | Ağaç   | Bilinmey<br>en | Endemik<br>değil |
| FAGACEAE/ KAYINGİLLER<br><i>Quercus cerris</i> L.                        |   |   | X | Ağaç   | Akdeniz        | Endemik<br>değil |
| <i>Quercus macranthera</i> subsp.<br><i>sypirensis</i> (K.Koch) Menitsky | X |   |   | Ağaç   | Bilinmey<br>en | Endemik          |
| <i>Quercus petraea</i> (Matt.) Liebl                                     |   | X |   | Ağaç   | Bilinmey<br>en | Endemik<br>değil |
| JUGLANDACEAE/<br>CEVİZGİLLER<br><i>Juglans regia</i> L.                  | X | X | X | Ağaç   | Bilinmey<br>en | Endemik<br>değil |
| MORACEAE/ DUTGİLLER<br><i>Morus alba</i> L.                              | X | X | X | Ağaç   | Bilinmey<br>en | Endemik<br>değil |
| <i>Morus nigra</i> L.                                                    |   | X |   | Ağaç   | Bilinmey<br>en | Endemik<br>değil |
| OLEACEAE/ ZEYTİNGİLLER<br><i>Forsythia suspensa</i> (Thunb.)<br>Vahl.    |   | X |   | Çalı   | Bilinmey<br>en | Endemik<br>değil |
| <i>Fraxinus excelsior</i> L.                                             |   | X |   | Ağaç   | Av.-Sib.       | Endemik<br>değil |
| <i>Ligustrum vulgare</i> L.                                              |   | X |   | Çalı   | Av.-Sib.       | Endemik<br>değil |
| <i>Syringa vulgaris</i> L.                                               |   | X | X | Çalı   | Bilinmey<br>en | Endemik<br>değil |

|                                                                        |   |   |   |      |                |                  |
|------------------------------------------------------------------------|---|---|---|------|----------------|------------------|
| <i>Syringa persica</i> L.                                              |   | X |   | Çalı | Bilinmey<br>en | Endemik<br>değil |
| PINACEAE/ ÇAMGİLLER<br><i>Abies nordmanniana</i> (Steven)<br>Spach.    |   | X |   | Ağaç | Karadeni<br>z  | Endemik<br>değil |
| <i>Cedrus libani</i> A. Rich.                                          | X | X | X | Ağaç | Akdeniz        | Endemik<br>değil |
| <i>Picea orientalis</i> L.?                                            |   | X |   | Ağaç | Bilinmey<br>en | Endemik<br>değil |
| <i>Picea pungens</i> Engelm.                                           |   | X |   | Ağaç | Bilinmey<br>en | Endemik          |
| <i>Pinus baksiana</i> Lamb.                                            |   | X |   | Ağaç | Bilinmey<br>en | Endemik<br>değil |
| <i>Pinus nigra</i> J.F.Arnold.                                         |   | X |   | Ağaç | Bilinmey<br>en | Endemik<br>değil |
| <i>Pinus pinaster</i> Aiton                                            |   | X |   | Ağaç | Bilinmey<br>en | Endemik<br>değil |
| <i>Pinus sylvestris</i> L.                                             | X | X | X | Ağaç | Av.-Sib.       | Endemik<br>değil |
| PLATANACEAE/<br>ÇINARGİLLER<br><i>Platanus orientalis</i> L.           |   | X | X | Ağaç | Bilinmey<br>en | Endemik<br>değil |
| ROSACEAE/ GÜLGİLLER<br><i>Amygdalus orientalis</i> Miller              | X |   |   | Çalı | İr.-Tur.       | Endemik<br>değil |
| <i>Amelanchier rotundifolia</i><br>(Lam.) Dum.-Courset                 |   |   | X | Çalı | Akdeniz        | Endemik<br>değil |
| <i>Armeniaca vulgaris</i> Lam.<br>( <i>Prunus armeniaca</i> L.)        | X | X | X | Ağaç | Av.-Sib.       | Endemik<br>değil |
| <i>Aria edulis</i> (Willd.) M.Roem.                                    |   | X |   | Ağaç | Bilinmey<br>en | Endemik<br>değil |
| <i>Cerasus angustifolia</i> (Spach)<br>Browicz                         |   |   | X | Çalı | İr.-Tur.       | Endemik<br>değil |
| <i>Cerasus avium</i> (L.) Moench<br>(Syn: <i>Prunus avium</i> (L.) L.) | X | X |   | Ağaç | Bilinmey<br>en | Endemik<br>değil |
| <i>Cerasus erzincanica</i> Yıld.                                       |   |   | X | Çalı | İr.-Tur.       | Endemik          |
| <i>Cerasus microcarpa</i><br>(C.A.Mey.) Boiss.                         |   |   | X | Çalı | Bilinmey<br>en | Endemik<br>değil |



|                                                                       |   |   |   |      |                |                  |
|-----------------------------------------------------------------------|---|---|---|------|----------------|------------------|
| <i>Cerasus mahaleb</i> (L.) Mill.                                     |   |   | X | Çalı | Bilinmey<br>en | Endemik<br>değil |
| <i>Cerasus prostrata</i> (Labill.) Ser.<br>var. <i>prostrata</i>      |   |   | X | Çalı | Akdeniz        | Endemik<br>değil |
| <i>Cerasus vulgaris</i> Mill. ( <i>Prunus<br/>cerasus</i> L.)         | X | X | X | Ağaç | Bilinmey<br>en | Endemik<br>değil |
| <i>Chaenomeles speciosa</i> Nakai.                                    |   | X |   | Ağaç | Bilinmey<br>en | Endemik<br>değil |
| <i>Cotoneaster nummularius</i><br>Fisch. & C.A.Mey.                   |   | X | X | Çalı | Bilinmey<br>en | Endemik<br>değil |
| <i>Cotoneaster horizontalis</i> Decne.                                |   | X |   | Çalı | Bilinmey<br>en | Endemik<br>değil |
| <i>Cotoneaster integerrimus</i><br>Medik.                             | X |   |   | Çalı | Bilinmey<br>en | Endemik<br>değil |
| <i>Cotoneaster tomentosus</i> (Aiton)<br>Lindl.                       |   |   | X | Çalı | Bilinmey<br>en | Endemik<br>değil |
| <i>Crataegus monogyna</i> Jacq                                        | X |   |   | Çalı | Bilinmey<br>en | Endemik<br>değil |
| <i>Crataegus orientalis</i> Pallas ex<br>Bieb. var. <i>orientalis</i> | X |   | X | Çalı | Bilinmey<br>en | Endemik<br>değil |
| <i>Cydonia oblonga</i> Miller                                         | X | X |   | Çalı | Bilinmey<br>en | Endemik<br>değil |
| <i>Filipendula vulgaris</i> Moench                                    |   |   | X | Çalı | Av.-Sib.       | Endemik<br>değil |
| <i>Malus sylvestris</i> Miller                                        | X |   | X | Çalı | Bilinmey<br>en | Endemik<br>değil |
| <i>Malus domestica</i> Borkh                                          | X |   |   | Ağaç | Bilinmey<br>en | Endemik<br>değil |
| <i>Prunus cerasifera</i> Ehrh.                                        |   | X |   | Ağaç | Bilinmey<br>en | Endemik<br>değil |
| <i>Prunus divaricata</i> Ledeb. var.<br><i>divaricata</i>             |   |   | X | Çalı | Bilinmey<br>en | Endemik<br>değil |
| <i>Prunus domestica</i> L.                                            | X | X |   | Ağaç | Bilinmey<br>en | Endemik<br>değil |
| <i>Prunus persica</i> (L.) Batsch                                     | X | X |   | Ağaç | İr.-Tur.       | Endemik<br>değil |
| <i>Pyracantha coccinea</i> M.Roem                                     |   | X |   | Çalı | Bilinmey<br>en | Endemik<br>değil |



|                                                                                      |   |   |   |      |                |                  |
|--------------------------------------------------------------------------------------|---|---|---|------|----------------|------------------|
| <i>Pyrus communis</i> L.                                                             | X | X | X | Ağaç | Bilinmey<br>en | Endemik<br>değil |
| <i>Pyrus elaeagnifolia</i> Pall. subsp.<br><i>elaagnifolia</i>                       | X | X |   | Ağaç | Bilinmey<br>en | Endemik<br>değil |
| <i>Rosa boissieri</i> Crep.                                                          |   |   | X | Çalı | Bilinmey<br>en | Endemik<br>değil |
| <i>Rosa chinensis</i> Jacq.                                                          |   | X |   | Çalı | Bilinmey<br>en | Endemik<br>değil |
| <i>Rosa dumalis</i> Bechst.                                                          |   |   | X | Çalı | Bilinmey<br>en | Endemik<br>değil |
| <i>Rosa elymaitica</i> Boiss.                                                        |   |   | X | Çalı | İr.-Tur.       | Endemik<br>değil |
| <i>Rosa. heckeliana</i> Tratt.                                                       |   |   | X | Çalı | İr.-Tur.       | Endemik<br>değil |
| <i>Rosa hirtissima</i> Lonacz.                                                       |   |   | X | Çalı | Karadeni<br>z  | Endemik<br>değil |
| <i>Rosa gallica</i> L.                                                               |   | X |   | Çalı | Bilinmey<br>en | Endemik<br>değil |
| <i>Rosa meiland</i>                                                                  |   | X |   | Çalı | Bilinmey<br>en | Endemik<br>değil |
| <i>Rosa pendulina</i> L.                                                             |   | X |   | Çalı | Bilinmey<br>en | Endemik<br>değil |
| <i>Rosa pisiformis</i> (Christ) Sosn.                                                |   |   | X | Çalı | İr.-Tur.       | Endemik          |
| <i>Rosa pimpinellifolia</i> L.                                                       |   |   | X | Çalı | Av.-Sib.       | Endemik<br>değil |
| <i>Rosa pulverulenta</i> M.Bieb.                                                     |   |   | X | Çalı | Bilinmey<br>en | Endemik<br>değil |
| <i>Rosa spinosissima</i> L.                                                          |   |   | X | Çalı | Av.-Sib.       | Endemik<br>değil |
| <i>Rubus canescens</i> DC.                                                           |   |   | X | Çalı | Bilinmey<br>en | Endemik<br>değil |
| <i>Rubus sanctus</i> Schreb.                                                         |   |   | X | Çalı | Bilinmey<br>en | Endemik<br>değil |
| <i>Sorbus torminalis</i> (L.) Crantz<br>var. <i>torminalis</i>                       |   |   | X | Ağaç | Bilinmey<br>en | Endemik<br>değil |
| <i>Sorbus umbellata</i> (Desf.)<br>Fritsch var. <i>cretica</i> (Lindl.)<br>Schneider |   |   | X | Çalı | Bilinmey<br>en | Endemik<br>değil |

|                                                                |   |   |   |      |                |                  |
|----------------------------------------------------------------|---|---|---|------|----------------|------------------|
| <i>Spiraea trilobata</i> L.                                    |   | X |   | Çalı | Bilinmey<br>en | Endemik<br>değil |
| <i>Symphoricarpos albus</i> L.                                 |   | X |   | Çalı | Bilinmey<br>en | Endemik<br>değil |
| RUTACEAE/<br>TURUNÇGİLLER<br><i>Haplophyllum armenum</i> Spach |   |   | X | Çalı | Bilinmey<br>en | Endemik          |
| SALICACEAE/<br>SÖĞÜTGİLLER<br><i>Populus alba</i> L.           |   |   | X | Ağaç | Av.-Sib.       | Endemik<br>değil |
| <i>Populus euphratica</i> Oliver                               |   |   | X | Ağaç | Bilinmey<br>en | Endemik<br>değil |
| <i>Populus nigra</i> L.                                        |   | X | X | Ağaç | Bilinmey<br>en | Endemik<br>değil |
| <i>Populus tremula</i> L.                                      |   |   | X | Ağaç | Av.-Sib.       | Endemik<br>değil |
| <i>Salix alba</i> L.                                           |   |   | X | Ağaç | Av.-Sib.       | Endemik<br>değil |
| <i>Salix babylonica</i> L.                                     |   | X |   | Ağaç | Bilinmey<br>en | Endemik<br>değil |
| <i>Salix caprea</i> L.                                         | X |   | X | Çalı | Av.-Sib.       | Endemik<br>değil |
| <i>Salix cinerea</i> L.                                        |   |   | X | Çalı | Av.-Sib.       | Endemik<br>değil |
| <i>Salix elbursensis</i> Boiss.                                |   |   | X | Çalı | Karadeni<br>z  | Endemik<br>değil |
| <i>Salix pseudomedemii</i> E.Wolf                              |   |   | X | Çalı | Karadeni<br>z  | Endemik<br>değil |
| <i>Salix triandra</i> L.                                       |   |   | X | Çalı | Av.-Sib.       | Endemik<br>değil |
| <i>Salix viminalis</i> L.                                      |   | X |   | Çalı | Av.-Sib.       | Endemik<br>değil |
| <i>Salix wilhelmsiana</i> M.Bieb.                              |   |   | X | Çalı | İr.-Tur.       | Endemik<br>değil |
| SAPINDACEAE/<br>AKÇAAĞAÇGİLLER<br><i>Acer campestre</i> L.     |   |   | X | Çalı | Av.-Sib.       | Endemik<br>değil |
| <i>Acer cappadocicum</i> Gleditsch                             |   |   | X | Ağaç | Karadeni<br>z  | Endemik<br>değil |

|                                                                                    |  |   |   |      |                |                  |
|------------------------------------------------------------------------------------|--|---|---|------|----------------|------------------|
| <i>Acer negundo</i> L.                                                             |  | X | X | Ağaç | Bilinmey<br>en | Endemik<br>değil |
| <i>Aesculus hippocastanum</i> L.                                                   |  | X | X | Ağaç | Bilinmey<br>en | Endemik<br>değil |
| SIMAROUBACEAE/<br>KOKARAĞAÇGİLLER<br><i>Ailanthus altissima</i> (Mill.)<br>Swingle |  | X |   | Ağaç | Bilinmey<br>en | Endemik<br>değil |
| THYMELAEACEAE/<br>SIYIRCIKGİLLER<br><i>Daphne oleoides</i> Schreb.                 |  | X |   | Çalı | Bilinmey<br>en | Endemik<br>değil |
| TAMARICACEAE/<br>ILGINGİLLER<br><i>Tamarix gallica</i> L.                          |  | X |   | Çalı | Bilinmey<br>en | Endemik<br>değil |
| <i>Tamarix tetrandra</i> Pall. ex<br>M.Bieb.                                       |  |   | X | Çalı | Bilinmey<br>en | Endemik<br>değil |
| TILIACEAE/<br>IHLAMURGİLLER<br><i>Tilia cordata</i> Mill.                          |  | X |   | Ağaç | Bilinmey<br>en | Endemik<br>değil |
| <i>Tilia tomentosa</i> Moench                                                      |  | X |   | Ağaç | Av.-Sib.       | Endemik<br>değil |
| ULMACEAE/<br>KARAAĞAÇGİLLER<br><i>Ulmus minor</i> Mill.                            |  |   | X | Ağaç | Akdeniz        | Endemik<br>değil |
| XANTHORRHOEACEAE/<br>ÇİRİŞGİLLER<br><i>Asphodeline tenuior</i> Ledeb.              |  |   | X | Çalı | İr.-Tur.       | Endemik<br>değil |

#### 4. SONUÇ VE TARTIŞMA

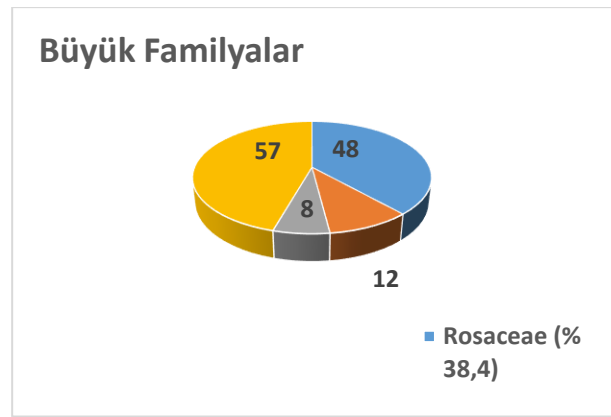
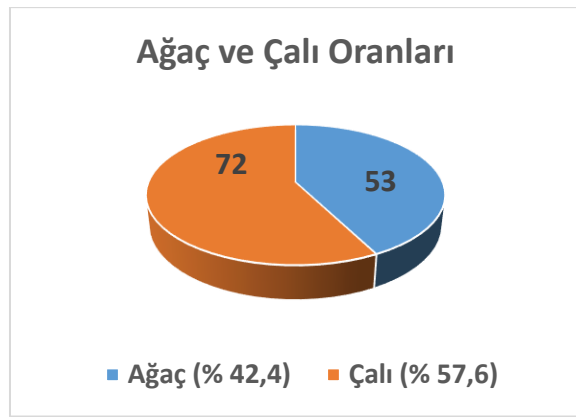
Erzincan çevresinde yetişen ağaç ve çalı taksonlarını belirlemek amacıyla gerçekleştirilen bu çalışmada önce Erzincan Binali Yıldırım Üniversitesi Herbaryumu (EBYU)'da bulunan ve bölgeden toplanan bitkilerin listesi çıkarılmıştır. Çalışmanın ikinci aşamasında 2024 ilkbahar ve yaz döneminde Erzincan çevresinde arazi çalışmaları yapılmıştır. Bu çalışmalar sonucunda 21 familyaya ait 63 ağaç ve çalı taksonu belirlenmiştir. Çalışmanın son aşamasında ise Erzincan çevresinde yapılmış floristik çalışmalar taranmıştır. Literatür taraması sonucu 66 takson belirlenmiştir. Tüm çalışmalar sonucu Erzincan çevresinde 29 familyaya ait 125 ağaç ve çalı taksonunun yetiştiği belirlenmiştir. Toplam 125 taksonun 53 (%42,4)'ü ağaç, 72 (%57,6)'si ise çalı formundadır.

Herbaryumda belirlenen 39 türden 19'u ağaç, 19'u da çalı formundadır. Arazide belirlenen 63 türün 26'sı ağaç, 37'si ise çalı formundadır (Görsel 1).

Hem herbaryumda hem de arazi çalışmalarında belirlenen ortak tür sayısı toplam 16'dır. Bu türler *Viburnum opulus*, *Berberis vulgaris*, *Betula Pendula*, *Juniperus horizontalis*, *Juglans regia*, *Morus alba*, *Cedrus libani*, *Pinus sylvestris*, *Armeniaca vulgaris*, *Cerasus avium*, *Cerasus vulgaris*, *Cydonia oblonga*, *Prunus domestica*, *Prunus persica*, *Pyrus communis*, *Pyrus elaeagnifolia*'dir

Bu türlerden 5 tanesi (*Viburnum opulus*, *Berberis vulgaris*, *Armeniaca vulgaris*, *Cerasus vulgaris*, *Pyrus communis*) literatürde de geçmektedir. Herbaryumda belirlenen 38 taksondan 18'i literatürde de geçmekte, Arazide belirlenen 63 taksondan 16'sı da yine literatürde geçmektedir.

Belirlenen taksonlar 21 familyaya dağılım göstermektedir. Taksonların büyüklük bakımından ilk üç familyaya dağılım sayıları ve oranları sırasıyla şu şekilde bulunmuştur; Rosaceae 48 takson (% 38,4), Cupressaceae 12 takson (% 9,6), Pinaceae 8 takson (% 6,4), Diğerleri 57 takson (% 45,6) Görsel 2).

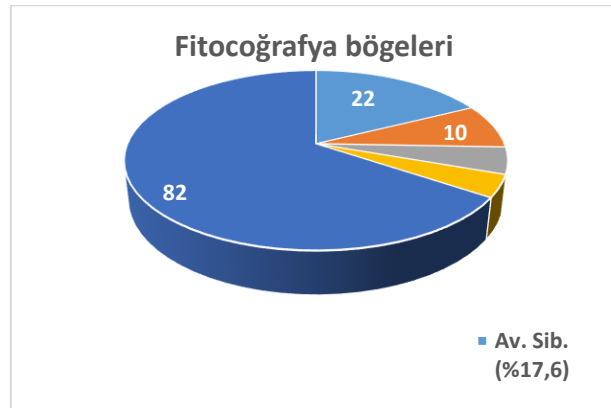
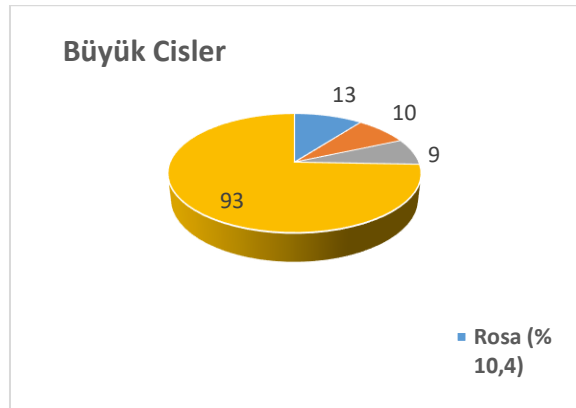


Görsel 1. Taksonların ağaç ve çalı oranları

Görsel 2. Taksonların büyük familyalara dağılımı

Taksonların ilk üç büyük cinse dağılım sayıları ve oranları şu şekildedir. Rosa 13 takson (%10,4), Juniperus 10 takson (%8), Salix 9 takson (%7,2) ve diğerleri 93 takson (% 74,4) (Görsel 3).

Taksonların fitocoğrafya bölgelerine dağılımı ve oranları sırasıyla şu şekildedir. Avrupa-Sibirya elementi 22 takson (%17,6), İran-Turan 10 takson (%8), Akdeniz 6 takson (%4,8), Karadeniz 5 takson (%3,9) ve coğrafi bölgesi bilinmeyenler ve çok bölgeliler 82 (65,6) (Görsel 4).



Görsel 3. Taksonların büyük cinslere dağılımı

Görsel 4. Fitocoğrafya bölgelerine dağılım

Çalışmada belirlenen endemik takson sayısı beş olup oran olarak tüm taksonların % 4'ünü oluşturmaktadır.

Şimdiye kadar Erzincan çevresinde bazı floristik çalışmalar yapılmasına karşın, Erzincan kent merkezi park ve bahçeleri bitki çeşitliliği üzerine yapılmış bir çalışma [20] dışında başka çalışma ile karşılaşılmamıştır. Bu çalışmada Erzincan kent merkezindeki, Kamu kurum ve kuruluşlarına ait açık yeşil alanlar ve Özel mülkiyete ait açık yeşil alanlar incelenerek kent merkezindeki park ve bahçelerde bulunan bitki türleri belirlenmiştir. Araştırma sonucunda, 23 familyaya ait 46 geniş yapraklı ağaç, 3 familyaya ait 18 iğne yapraklı ağaç, 21 familyaya ait 34 ağaçcık-çalı, 7 familyaya ait 9 sarılıcı olmak üzere toplam 107 bitki taksonu belirlenmiştir. Erzincan çevresinde yetişen ağaç ve çalı türlerinin bir listesinin oluşturulmaya çalışıldığı bu çalışma bu alanda ilk olup daha sonra yapılacak daha kapsamlı çalışmalar için öncü olmasının yanında Erzincan florasına da katkı yapacaktır.

## KAYNAKÇA

- [1] <https://erzincan.bel.tr/sayfa/cografya> (Erişim Tarihi: 12.12.2023).
- [2] <http://www.erzincan.gov.tr/Cografi-Yapisi> (Erişim Tarihi: 12.12.2023).
- [3] Gündüz, F., Ünal, F., Akdemir, C., Morkavuk, Z.S., *Erzincan İl Çevre Durum Raporu*, Erzincan Valiliği Çevre ve Şehircilik İl Müdürlüğü/Erzincan, 2011.
- [4] Korkmaz, M., Floristical Diversity and Endemic Plants of Çayırlı District (Erzincan/Turkey), *Biol. Div. Conservat.*, 8,3, 2015.
- [5] Akkemik, Ü., *Türkiye'nin Doğal-Egzotik Ağaç ve Çalıları-1*, Orman Genel Müdürlüğü Yayınları/Ankara, 2014.
- [6] Mamikoğlu, N.G., *Türkiyenin Ağaç ve Çalıları*, NTV Yayınları/İstanbul, 2017.
- [7] Davis, P.H. (Ed.), *Flora Of Turkey And The Aegean Islands*. Vol. 1-9, Edinburgh University Press/Edinburgh, 1965-1985.
- [8] Davis, P.H., Tan, K., Mill, R.R., *Flora Of Turkey And The East Aegean Islands (Suppl. 1)*. Vol. 10, Edinburgh University Press/Edinburgh, 1988.
- [9] Güner, A., N. Özhatay, T. Ekim And Başer, K.H.C. *Flora Of Turkey And The East Aegean Islands*. Vol. 11, Edinburgh University Press/Edinburgh, 2000.
- [10] Kandemir, A., Türkmen, Z., *The Flora Of Üzümlü-Sakaltutan (Erzincan-Gümüşhane)*. *Turk. J. Bot.*, 32(4): 265-304. 2008.
- [11] Korkmaz, M., Kandemir, A., İlhan, V. 2013. Natural Rose (*Rosa L.*) Taxa Distributed in Erzincan and Its Environs. *Süleyman Demirel University J. Nat. App. Sci.*, 17(1): 49-59.
- [12] Korkmaz, M., Turgut, N. *Flora of Ergani Mountain (Erzincan/ Turkey)*, *Biol. Divers. Conservat.*, 7,3, 2014.
- [13] Kandemir, A., Sevindi, C., Korkmaz, M., Çelikoğlu, Ş., *Erzincan (Türkiye)'a özgü endemik bitki taksonlarının IUCN tehdit kategorileri*, *Bağbahçe Bilim Dergisi*, 7,1, 2015.
- [14] Korkmaz, M., İlhan, V., *Distribution, Traditional Use and Conservation of Geophyte Plants Growing Around Keşiş Mountain, Eastern Anatolia, Turkey*. *International Journal of Scientific Research in Knowledge*, 3,7, 2015.
- [15] Korkmaz, M., Özçelik, H., *Türkiye Güllerinin (Rosa L.) Yöresel Adları ve Yetiştikleri Yörelere*, *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 19,1, 2015.

- [16] Korkmaz, M., Karacan, S., Erzincan’ndaki Bazı Erozyonlu Alanlar ve Bu Alanların Dominant Bitki Türleri, *Biyoloji Bilimleri Araştırma Dergisi*, 8,2, 2015.
- [17] Özbek, M., Yüzbaşıoğlu, S., Altınözlü, H., Kandemir, A., Kemaliye İlçesinin (Erzincan) Florası, *Hacettepe J. Biol. & Chem.*, 46,4, 2018.
- [18] Dindar, E., Duman, H., İliç-Kemah (Erzincan) Jips Florası, *Bağbahçe Bilim Dergisi*, 7,1, 2020.
- [19] Korkmaz, M., Onkaş, İ., Dumanlı Dağları (Refahiye, Erzincan) Florası, *Bağbahçe Bilim Dergisi*, 10,1, 2023.
- [20] Askan, G., Yılmaz, H., Erzincan Kenti Açık-Yeşil Alanlarında Kullanılan Bitkisel Materyalin Belirlenmesi, *Erzincan Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 9,1, 2016.

## NANO-AGROKİMYASALLARIN BİTKİLERE GİRİŞ YOLLARI VE FİTOTOKSİK ETKİLERİ

**Doktor Öğretim Üyesi, BERNA BAŞ**

Gaziantep Üniversitesi,

bernabas01@gmail.com - ORCID ID: 0000-0003-2455-2849

### ÖZET

Eşsiz özelliklerinden dolayı nanopartiküller konvansiyonel tarım girdilerine oranla daha az miktarlarıyla daha etkili sonuçlar vermektedir. Genellikle konvansiyonel tarım formülasyonlarının adsorbsiyon/absorbsiyon oranlarının düşük seviyelerde kalması, hedef yüzeyinden kısmen akıp giderek atık olması, heterojen dağılımları gibi özelliklerinden dolayı fazla miktarlarda kullanılmakta ve etkileride daha düşük seviyelerde kalmaktadır. Nano-agroformülasyonların konvansiyonel tarım girdilerine oranları (gübre, pestisid vb) karşılaştırıldığında; uygulama miktarı/verim oranı daha az ve ürün fiyatı/verim ise yüksek seviyelerde sonuçlar vermektedir. Nanoteknoloji tarımsal pratiklerde nanogübre, nanopestisid, nanoremediyasyon gibi amaçlara yönelik geniş uygulamalara sahiptir. Nano-malzemeler tarımsal bitkilerin biyotik ve abiyotik faktörlere dayanıklılığını artırmakta, kimyasal girdi kullanımını azaltmakta, bitkinin daha iyi gelişimini sağlamakta ve hasat öncesi tohum uygulamalarından hasat sonrası depo uygulamalarına kadar kullanılmakta hatta nano-paketlemeyle kontaminasyon engellenerek toplam ürün veriminde artış sağlamaktadırlar. Nanopartiküller kullanım amaçlarına ve geçirdikleri fiziksel, kimyasal, biyolojik işlemlere göre farklı şekillere ve içeriklere sahip olabilmektedirler. Nano-agrokimyasal üretiminde çeşitli metaller ve metal oksitler kullanılmaktadır. Ancak çeşitli tarım ürünlerinin verimliliği üzerindeki pozitif etkilerinden dolayı nanopartikül veya nanokompozit üretiminde ZnO, CuO, TiO<sub>2</sub>, CeO<sub>2</sub> ve Ag en fazla tercih edilen kimyasallardır. Nano-boyutlu bu maddeler tarımsal üretime pozitif katkılar sunmakla birlikte doza bağlı çeşitli fitotoksik etkilere de sahiptirler. Bitkilere kök/yapraklardaki doğal açıklıklardan absorpsiyonla giriş yaptıktan sonra nanopartiküller plasmodesmler ve apoplastik yolla iletim demetlerine ulaşarak meyvelerde dahil tüm bitki organlarına yayılabilmektedirler. Bu durumda meyve kalitesi de etkilenecektir. Bitkilerde nanopartiküller DNA hasarları, abiyotik stres teşviki, metabolizmayı engelleme, genlerin ifade düzeyinde değişimler yaparak metabolik, sitotoksik ve genotoksik zararlara neden olabilmektedirler. Bitki korumada nanopartiküllerin sentezinde kullanılan çeşitli metal iyonlarının bitkilere giriş yollarını ve fitotoksik etkilerini ortaya koymak amacıyla bu çalışma derlenmiştir.

**Anahtar Kelimeler :** Nano-agrokimyasallar, nanopartiküllerin bitkiye giriş, nanopartiküllerin bitkide translokasyonu.

### ENTRY ROUTES OF NANO-AGROCHEMICALS INTO PLANTS AND THEIR PHYTOTOXIC EFFECTS

## ABSTRACT

Due to their unique properties, nanoparticles provide more effective results with smaller amounts compared to conventional agricultural inputs. Generally, due to the properties such as the low adsorption/absorption rates of conventional agricultural formulations, partially flowing from the target surface and becoming waste, and their heterogeneous distribution, they are used in large amounts and their effects remain at lower levels. When the ratios of nano-agroformulations to conventional agricultural inputs (fertilizer, pesticide, etc.) are compared; the application amount/yield ratio is lower and the product price/yield results at higher levels. Nanotechnology has wide applications in agricultural practices for purposes such as nanofertilizer, nanopesticides, nanoremediation. Nanomaterials increase the resistance of agricultural plants to biotic and abiotic factors, reduce the use of chemical inputs, provide better plant development, and are used from pre-harvest seed applications to post-harvest storage applications, and even prevent contamination with nano-packaging, thus increasing total product yield. Nanoparticles can have different shapes and contents depending on their intended use and the physical, chemical and biological processes they undergo. Various metals and metal oxides are used in nano-agrochemical production. However, due to their positive effects on the productivity of various agricultural products, ZnO, CuO, TiO<sub>2</sub>, CeO<sub>2</sub> and Ag are the most preferred chemicals in nanoparticle or nanocomposite production. These nano-sized substances provide positive contributions to agricultural production, but also have various phytotoxic effects depending on the dose. After entering the plants through absorption from natural openings in the roots/leaves, nanoparticles can spread to all plant organs, including fruits, by reaching the vascular bundles via plasmodesms and apoplastic pathways. In this case, fruit quality will also be affected. In plants, nanoparticles can cause metabolic, cytotoxic and genotoxic damages by causing DNA damage, promoting abiotic stress, inhibiting metabolism and changes in the expression level of genes. This study was compiled to reveal the pathways of entry into plants and phytotoxic effects of various metal ions used in the synthesis of nanoparticles in plant protection.

**Key Words :** Nano-agrochemicals, entry of nanoparticles into plants, translocation of nanoparticles in plants.

## 1. GİRİŞ

İçinde bulunduğumuz çağın yeni teknolojilerinden olan nanoteknoloji tıp-medikal, kozmetik, enerji, elektronik, endüstriyel ve benzeri çok çeşitli alanlarda geniş bir uygulama sahasına sahiptir ve son dönemlerde tarım sektöründe de çeşitli araştırma çalışmalarına konu olmaya başlamıştır [1]. Eşsiz özelliklerinden dolayı nanopartiküller (NP 'ler) konvansiyonel tarım girdilerine oranla daha az miktarlarıyla daha etkili sonuçlar vermektedir. Genellikle konvansiyonel tarım formülasyonlarının adsorpsidon/absorbsiyon oranlarının düşük seviyelerde kalması, hedef yüzeyinden kolayca akıp giderek atık olması, heterojen dağılımları gibi özelliklerinden dolayı fazla miktarlarda kullanım ve daha düşük seviyelerde etkilere sahiptirler [2]. Bu nedenlerle nano-agroformülasyonların konvansiyonel tarım girdilerine oranları (gübre, pestisid vb) karşılaştırıldığında; uygulama miktarı/verim oranı daha az ve



fiyat/verim ise yüksek seviyelerde sonuçlar vermektedir. Dolayısıyla nano-tarım ürünleri de ilgi kazanmaya başlamıştır. Nano-materyaller hem doğal kaynaklardan hem de insanların ürettiği sentetik kaynaklardan türeyebilirler ve nanokirliliğe neden olabilirler [3]. Doğal NP 'ler okyanus akıntılarında, volkanik atıklarda, mineral kompozitlerde ve doğal polimer/nanokompozitlerde bulunabilirler fakat doğal oldukları için hayati riskleri olmadığı rapor edilmiştir [4]. Oysaki sentetik nanopartiküllerin insan eliyle fazlaca üretimi, uygulanması, atık su ve kanalizasyon atıklarının yakılmasıyla amaçlı yada amaçsızca doğaya salınarak toprak, su, hava, canlı organizmalara kadar doğal çevreye bulaşması kaçınılmaz olacaktır [5]. Nanoteknoloji tarımsal pratiklerde nanogübre, nanopestisid ve nanoremediyasyon amaçlarına yönelik geniş uygulamalara sahiptir [6]. Nano-malzemeler tarımsal bitkilerin biyotik ve abiyotik faktörlere dayanıklılığını artırmakta, kimyasal girdi kullanımını azaltmakta, bitkinin daha iyi gelişimini sağlamakta ve hasat öncesi tohum uygulamalarından hasat sonrası depo uygulamalarına kadar hatta nano-paketlemeyle kontaminasyon engellenerek toplam ürün veriminde artış sağlamaktadır [7]. NP 'ler kullanım amaçlarına ve geçirdikleri fiziksel, kimyasal, biyolojik işlemlere göre farklı şekillere ve içeriklere sahip olabilmektedirler. Tarım sektöründe nispeten daha güvenilir olmaları ve çeşitli amaçlara yönelik uygulamalar nedeniyle genellikle metalik ve metal oksit nanopartiküller kullanılmakta olup bunlarda bazıları; bakır (Cu), çinko (Zn), altın (Au), gümüş (Ag), selenyum (Se), silika (Si) gibi metaller ve titanyum dioksit (TiO<sub>2</sub>), çinko oksit (ZnO), alüminyum oksit (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>), gümüş oksit (Ag<sub>2</sub>O), bakır oksit (CuO), seryum oksit (CeO<sub>2</sub>), lantanyum oksit (La<sub>2</sub>O<sub>3</sub>), nikel oksit (NiO), demir oksit (Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>), silikon dioksit (SiO<sub>2</sub>) gibi metal oksitlerdir [8]. Çeşitli tarım ürünlerinin verimliliği üzerindeki pozitif etkilerinden dolayı nanopartikül veya nanokompozit üretiminde ZnO, CuO, TiO<sub>2</sub>, CeO<sub>2</sub> ve Ag en fazla tercih edilen kimyasallardır [9]. Ancak bu nano-boyuttaki malzemelerin olumsuz etkileriyle ilgili derleme çalışmaları olsa da deneysel araştırma çalışmaları yetersizdir. Avantajlara sahip olmakla beraber uzun yıllar nanoagrokimyasal-uygulamanın agro-ekosistem üzerindeki muhtemel sonuçlarıyla ilgili bilimsel boşluk bulunmaktadır. Örneğin konvansiyonel tarım girdilerinin verdiği zararlara benzer şekilde bitkilere fitotoksik etkileri, toprağın yapısına ve dokusuna, rizosfer ve filosfer mikrobiyomuna etkileri henüz bilinmemektedir. NP üretiminde kullanılan yukarda adı geçen metal iyonlarının bitkilere giriş yolları ve fitotoksik etkilerini ortaya koymak için bu çalışma derlenmiştir.

## 2. BİTKİ-NANOPARTİKÜL İNRETAKSİYONU

### 2.1. Nanopartiküllerin Bitkiler Tarafından Alımı ve Translokasyonu

Bitkiler fizyolojileri gereği hayati fonksiyonlarını sürdürmek ve gelişmek için su, çeşitli besin elementleri, gazlara (CO<sub>2</sub> gibi) ihtiyaç duyarlar. Su besin maddelerini çözücü göreve sahiptir ve kökler tarafından (küçük tüy benzeri kökler) ozmoz ile emilirler [10, 11]. Su içindeki eriyik maddeler bitkiye köklerden suyla absorbe olduktan sonra bu besin maddeleri hücre-içine aktif veya pasif transportla girerler [12, 13]. NP 'ler köklerden bitkilere giriş yaptıktan sonra bu

nanotaşıyıcıların yüzey yüklerinden dolayı hücre membran kanallarının/transporterlerinin işlevini etkileyebilirler. Potasyum, magnezyum gibi iyonlar bu hücre membran taşıyıcı sistemleriyle sitoplazmaya giriş yaparlar ancak NP 'ler bunu engelleyebilirler [14]. Böylece elektriksel yüzey yükleri nanomalteryallerin hücreye girişini kolaylaştırabilir. NP 'ler hücre içine pasif difüzyon, membran yüzeyindeki kanallar/transporterler veya endositozla alınabilirler. Ancak hücre membranında bulunan iyon kanalları/transporterler belli büyüklükteki molekülleri geçirirler, benzer şekilde pasif difüzyonla da oldukça küçük hacimli moleküller membranı geçebilirler. Bitki hücre duvarlarının 5-20 nm çapındaki porları sayesinde nanomalzemeler hücre içine pasif difüzyonla girebilmektedirler [15]. Suyu absorbe olan besin maddeleri hücre sıvısıyla birlikte bir hücreden diğer hücreye plasmodesmata yoluyla, hücreler arasındaki boşluklarda ise apoplastik yolla hareket ederek yayılmaktadırlar [16, 17]. Bitki kökleri sudaki besin maddeleriyle birlikte küçük hacimli çeşitli partikülleri, nanoparçacıklar gibi eksojen maddeleride absorbe ederek bitki içine transfer edebilmektedirler. Benzer şekilde bitkilerin toprak üstü yeşil aksamlarına yapılacak nanogübre, nanopestisid gibi uygulamalardan sonra ilgili nanopartiküller yaprak kutikulası, stomaları, lentiseller, stigma, hidatod, trikoma gibi bölgelerden giriş yaparlar [18]. Bitkilerin yaprak ayası üzerindeki NP 'lerin hacim büyüklükleri absorpsiyonda en önemli faktördür [19]. Yine yaprak ayasındaki stoma porlarının büyüklüğü, yoğunluğu ve dağılımları nanopartiküllerin absorpsiyonunda önemli faktörler olup CeO<sub>2</sub> NP 'lerin dikotiledon balkabağında absorpsiyonu monokotiledon buğdaya nazaran daha yüksek verimle gerçekleşmiştir [20]. Ayrıca bitkilerin kök ve yeşil aksamda meydana gelen mekanik yaralarda nanopartiküller için bitkilere giriş kapısı olarak görev yaparlar. Bitki kökleri veya üst aksamdan bitkiye giriş yapan eksojen maddeler apoplastik olarak iletim demetlerine ulaşarak ksilem ve floem demetlerine girerler [21]. Karasal ve su altı bitkilerin yaprak stomaları 25 µm uzunlukta ve 3-10 µm genişliğe sahiptirler [22]. Dolayısıyla nanometre boyutundaki partikülleri absorbe edebilirler. Genel bir standart olmamakla birlikte bitkiler 100 nm 'ye kadar olan küçük boyutlu partiküller nanoparçacıkları kolay absorbe ederken, 100 nm 'den büyük parçacıklar ise kutikulada ve hücre duvarları üzerinde birirmektedir [23]. Örneğin, 200 nm 'ye kadar büyüklüğe sahip SiO<sub>2</sub> nanopartikülleri *Arabidopsis thaliana* 'nın kökleriyle absorbe olurken, 7-108 nm boyutundaki Au-nanopartikülleri ise köklerden bitkiye giriş yapamamıştır [24, 25]. Yapılan araştırmalar nanopartiküllerin bitkiler tarafından alımının nanopartiküllerin özelliklerine, bitki türüne ve çevreye bağlı olduğunu göstermektedir. Nanopartiküllerin bitki yapraklarından absorpsiyon oranlarını partikül büyüklüğü, şekli, konsantrasyonu, kimyasal yapısı, yüzeyin elektriksel yükü gibi özellikleri etkileyebilmektedir.

## 2.2. Nanopartiküllerin Fitotoksik Etkileri

Nano-agrokimyasallar doğrudan bitki yüzeyine gübre veya pestisid nanoformülasyonları, topraktan nanogübre uygulamaları, tohum yüzey kaplamaları ve hidroponik kültür sıvılarına doğrudan eklenerek uygulanabilmektedir [26]. Nanokompozitlerin bitkilere birçok pozitif etkilerinin yanı sıra negatif etkileriyle de ilgili çeşitli çalışmalara ait raporlar bildirilmiştir. NP fitotoksitesisi ROS üretimi, DNA 'nın yapısında hasarlar, fotosentezin azalması, porlarda tıkanmalar, apoplastik akımda engellemeleri kapsamaktadır [27, 28]. Bu gelişmeler besin elementlerinin ve suyun iletimine engel olacağı için bitkinin

fizyolojisi değişecek ve sağlığını zayıflayacaktır. Yapılan bir çalışma da arpa ve buğday da çimlenen tohum kök uçları Ag-nanopartiküllere maruz bırakılmış ve hücre bölünmesinin metafaz-anafaz safhasında aneuploidi, kromozomal anomaliler, kromozom fragmentleri, delesyonlar, yapışık kromozomlar, deforme olmuş nükleus, çift nükleuslu hücreler, mikronükleuslar gibi sitolojik değişimler kaydedilmiştir [29]. Bütün bu varyasyonlar genlerin ifade seviyelerinin değişeceğinin ve genotoksik gelişmelerin göstergesidir. Buğday fidelerinde elektrolilerde artışa neden olan Ag-NP 'ler çeltikte antioksidan gen transkripsiyonunu değiştirmiş olup Ag-NP 'ler metabolizma, hormonal sinyal yolları ve hücre çoğalmasını kapsayan genlerin ifade seviyesiyle ilgili olaylardan sorumlu olduğu bildirilmiştir [30, 31, 32]. CuO NP 'ler soğan kök uçlarında mitotik indeksi azaltırken anomalilik indeksini yükseltmiş, nohutta SOD gen ifadesini artırmış, soya fasulyesi köklerinde CAD, PAL gibi genleri teşvik etmiş, CuO NP 'leri ve ZnO NP 'leri buğdayda oksidatif strese neden olmuştur [30, 33, 34, 35]. TiO<sub>2</sub> NP 'leri tütünde DNA hasarlarına neden olurken, CeO<sub>2</sub> NP 'ler ise salatalık bitkilerinin kök uç yüzeyine gevşek olarak bağlanmıştır [36, 37].

Yapraklara nanopartikül gübre ve ilaç uygulamalarından sonra aktif maddeler bitki kökleri ve yapraklarıyla absorbe edilmektedirler. İletim demetleriyle tüm bitkiye yayılmakta hatta meyvelere kadar ulaşabilirler bu durumda ürün kalitesi de etkilenecektir. Son dönemlerde çevresel koşullara dayanıklı yeni nanomalzemeler geliştirilmeye başlamıştır. Bu nedenle nanokapsül taşıyıcılar yaprak yüzeyine sıkıca adsorbe olduğu için yaprak yüzeyinde uzun süre kalacaktır. Yapraklar fizyolojik ömrünü tamamlayıp toprağa düştüğünde zamanla yaprakların ayrışmasıyla serbest hale geçecek olan nanotaşıyıcı rezidüler bitki köklerinden emilerek bitkilere giriş yapacaklardır. Elde edilen deneysel veriler akut fitotoksik etkileri ortaya koymaktadır. Ancak uzun yıllar uygulamaların ardından nano-rezidüler toprakta birikecek mi ve toksik etkilerinin toprakta giderimi mümkün olacak mı? Bu konularda da deneysel çalışmalara ihtiyaç bulunmaktadır.

### 3. SONUÇ DEĞERLENDİRME

Nano-agrokimyasalların yapraklardan/köklerden bitkilere giriş mekanizmaları ve fitotoksik etkileri çeşitli araştırma raporlarına dayanarak kısaca özetlenmiştir. Yeni nesil bir teknoloji olan nano-agrokimyasallar tarımsal pratiklere transfer edildiğinde konvansiyonel tarım uygulamalarında köklü değişim yapacağı umulmaktadır. Ancak nanokompozitlerin bitkilerde standart bir uygulama dozu bulunmamaktadır ve doza bağlı fitotoksik etkilerinden dolayı tarım uygulamalarında sınırlamalar getirilmesi gerektiğini düşündürmektedir. Bu amaçla bitki membranlarında bulunan aktif transport kanal proteinleriyle nanokompozitlerin interaksiyonları henüz yeterli düzeyde bilinmemektedir. Yani belli yük ve hacime sahip olan yeni nanomateriyalleri membran kanalları hangi mekanizmayla sitoplazmaya almaktadır, bu konuda daha ayrıntılı çalışmalara ihtiyaç vardır. NP 'ler toprağa karıştıktan sonra toprak bileşenleriyle etkileşim sonucu, çözünürlüğe etkisi, kümelenmesi ve biyotransformasyon mekanizmaları tam bilinmediği için nanopartikül rezidülerin toprak ve toprak mikrobiyom interaksiyonlarıyla ilgili detaylı araştırmalara ihtiyaç vardır. Önemli sorunlardan biri de dünya tarım ve gıda üreticileri ve tüketicileri hatta tüm insanları ilgilendiren nanoformülasyon rezidü

içeren bitkiler yoluyla besin zincirimize dahil olacak olan nanomalzemelerin insanlardaki muhtemel toksik etkileri kesin olarak tayin edilmelidir.

## KAYNAKÇA

- [1] Haleem, A., Javaid, M., Singh, R.P., Rab, S. and Suman, R. (2023). Applications of nanotechnology in medical field: a brief review. *Global Health Journal*, 7(2), 70-77.
- [2] Usman, M., Farooq, M., Wakeel, A., Nawaz, A., Cheema, S.A., ur Rehman, H. ... and Sanaullah, M. (2020). Nanotechnology in agriculture: Current status, challenges and future opportunities. *Science of the total environment*, 721, 137778.
- [3] Jan, N., Majeed, N., Ahmad, M., Lone, W.A., and John, R. (2022). Nano-pollution: Why it should worry us. *Chemosphere*, 302, 134746.
- [4] Griffin, S., Masood, M.I., Nasim, M.J., Sarfraz, M., Ebokaiwe, A.P., Schäfer, K.H. ... and Jacob, C. (2017). Natural nanoparticles: a particular matter inspired by nature. *Antioxidants*, 7(1), 3.
- [5] Rajput, V., Minkina, T., Sushkova, S., Behal, A., Maksimov, A., Blicharska, E. ... and Barsova, N. (2020). ZnO and CuO nanoparticles: a threat to soil organisms, plants, and human health. *Environmental Geochemistry and Health*, 42, 147-158.
- [6] Garg, D., Sridhar, K., Stephen Inbaraj, B., Chawla, P., Tripathi, M. and Sharma, M. (2023). Nano-biofertilizer formulations for agriculture: A systematic review on recent advances and prospective applications. *Bioengineering*, 10(9), 1010.
- [7] Manzoor, M.A., Xu, Y., Xu, J., Wang, Y., Sun, W., Liu, X. ... and Zhang, C. (2023). Nanotechnology-based approaches for promoting horticulture crop growth, antioxidant response and abiotic stresses tolerance: an overview. *Plant Stress*, 100337.
- [8] Murali, M., Gowtham, H.G., Singh, S.B., Shilpa, N., Aiyaz, M., Alomary, M.N. ... and Amruthesh, K.N. (2022). Fate, bioaccumulation and toxicity of engineered nanomaterials in plants: current challenges and future prospects. *Science of the Total Environment*, 811, 152249.
- [9] Ahmad, Z., Tahseen, S., Wasi, A., Ganie, I.B., Shahzad, A., Emamverdian, A. ... and Ding, Y. (2022). Nanotechnological interventions in agriculture. *Nanomaterials*, 12(15), 2667.
- [10] Ahanger, M.A., Tomar, N.S., Tittal, M., Argal, S. and Agarwal, R. (2017). Plant growth under water/salt stress: ROS production; antioxidants and significance of added potassium under such conditions. *Physiology and Molecular Biology of Plants*, 23, 731-744.
- [11] Ludwiczak, A., Osiak, M., Cárdenas-Pérez, S., Lubińska-Mielińska, S. and Piernik, A. (2021). Osmotic stress or ionic composition: which affects the early growth of crop species more?. *Agronomy*, 11(3), 435.

- [12] Liu, J., Shabala, S., Zhang, J., Ma, G., Chen, D., Shabala, L. ... and Zhao, Q. (2020). Melatonin improves rice salinity stress tolerance by NADPH oxidase-dependent control of the plasma membrane  $K^+$  transporters and  $K^+$  homeostasis. *Plant, cell & environment*, 43(11), 2591-2605.
- [13] Muratore, C., Espen, L. and Prinsi, B. (2021). Nitrogen uptake in plants: the plasma membrane root transport systems from a physiological and proteomic perspective. *Plants*, 10(4), 681.
- [14] Bhaskar, R., Pandey, S. P., Kumar, U., Kim, H., Jayakodi, S. K., Gupta, M. K. and Han, S.S. (2024). Nanobionics for sustainable crop production: recent development to regulate plant growth and protection strategies from pests. *OpenNano*, 15, 100198.
- [15] Lew, T.T.S., Wong, M.H., Kwak, S.Y., Sinclair, R., Koman, V.B. and Strano, M.S. (2018). Rational design principles for the transport and subcellular distribution of nanomaterials into plant protoplasts. *Small*, 14(44), 1802086.
- [16] Farvardin, A., González-Hernández, A.I., Llorens, E., García-Agustín, P., Scalschi, L. and Vicedo, B. (2020). The apoplast: a key player in plant survival. *Antioxidants*, 9(7), 604.
- [17] Kurotani, K. I. and Notaguchi, M. (2021). Cell-to-cell connection in plant grafting—molecular insights into symplasmic reconstruction. *Plant and Cell Physiology*, 62(9), 1362-1371.
- [18] Khan, M.R., Adam, V., Rizvi, T.F., Zhang, B., Ahamad, F., Joško, I. ... and Mao, C. (2019). Nanoparticle–plant interactions: two-way traffic. *Small*, 15(37), 1901794.
- [19] Li, L., Luo, Y., Li, R., Zhou, Q., Peijnenburg, W.J., Yin, N. ... and Zhang, Y. (2020). Effective uptake of submicrometre plastics by crop plants via a crack-entry mode. *Nature sustainability*, 3(11), 929-937.
- [20] Schwabe, F., Schulin, R., Limbach, L.K., Stark, W., Bürge, D. and Nowack, B. (2013). Influence of two types of organic matter on interaction of  $CeO_2$  nanoparticles with plants in hydroponic culture. *Chemosphere*, 91(4), 512-520.
- [21] Wang, Z., Xie, X., Zhao, J., Liu, X., Feng, W., White, J.C. and Xing, B. (2012). Xylem- and phloem-based transport of  $CuO$  nanoparticles in maize (*Zea mays* L.). *Environmental science & technology*, 46(8), 4434-4441.
- [22] Azim, Z., Singh, N.B., Singh, A., Amist, N., Niharika, Khare, S. ... and Yadav, V. (2023). A review summarizing uptake, translocation and accumulation of nanoparticles within the plants: current status and future prospectus. *Journal of Plant Biochemistry and Biotechnology*, 32(2), 211-224.
- [23] Nadiminti, P.P., Dong, Y.D., Sayer, C., Hay, P., Rookes, J.E., Boyd, B.J. and Cahill, D.M. (2013). Nanostructured liquid crystalline particles as an alternative delivery vehicle for plant agrochemicals. *ACS applied materials & interfaces*, 5(5), 1818-1826.
- [24] Slomberg, D.L. and Schoenfisch, M.H. (2012). Silica nanoparticle phytotoxicity to *Arabidopsis thaliana*. *Environmental science & technology*, 46(18), 10247-10254.



- [25] Taylor, A.F., Rylott, E.L., Anderson, C.W. and Bruce, N.C. (2014). Investigating the toxicity, uptake, nanoparticle formation and genetic response of plants to gold. *PLOS one*, 9(4), e93793.
- [26] Paramo, L.A., Feregrino-Pérez, A.A., Guevara, R., Mendoza, S. and Esquivel, K. (2020). Nanoparticles in agroindustry: Applications, toxicity, challenges, and trends. *Nanomaterials*, 10(9), 1654.
- [27] Kaveh, R., Li, Y.S., Ranjbar, S., Tehrani, R., Brueck, C.L. and Van Aken, B. (2013). Changes in *Arabidopsis thaliana* gene expression in response to silver nanoparticles and silver ions. *Environmental science & technology*, 47(18), 10637-10644.
- [28] Van Aken, B. (2015). Gene expression changes in plants and microorganisms exposed to nanomaterials. *Current Opinion in Biotechnology*, 33, 206-219.
- [29] Abou-Zeid, H.M. and Moustafa, Y. (2014). Physiological and cytogenetic responses of wheat and barley to silver nanopriming treatment. *International Journal of Applied Biology and Pharmaceutical Technology*, 5, 265-278.
- [30] Nair, P.M.G. and Chung, I.M. (2014). Physiological and molecular level effects of silver nanoparticles exposure in rice (*Oryza sativa* L.) seedlings. *Chemosphere*, 112, 105-113.
- [31] Syu, Y.Y., Hung, J.H., Chen, J.C. and Chuang, H.W. (2014). Impacts of size and shape of silver nanoparticles on *Arabidopsis* plant growth and gene expression. *Plant physiology and biochemistry*, 83, 57-64.
- [32] Gorczyca, A., Pocięcha, E., Kasprówska, M. and Niemiec, M. (2015). Effect of nanosilver in wheat seedlings and *Fusarium culmorum* culture systems. *European Journal of Plant Pathology*, 142, 251-261.
- [33] Dimpka, C.O., Latta, D.E., McLean, J.E., Britt, D.W., Boyanov, M.I. and Anderson, A.J. (2013). Fate of CuO and ZnO nano- and microparticles in the plant environment. *Environmental science & technology*, 47(9), 4734-4742.
- [34] Nair, P.M.G. and Chung, I.M. (2015). Physiological and molecular level studies on the toxicity of silver nanoparticles in germinating seedlings of mung bean (*Vigna radiata* L.). *Acta physiologiae plantarum*, 37, 1-11.
- [35] Nagaonkar, D., Shende, S. and Rai, M. (2015). Biosynthesis of copper nanoparticles and its effect on actively dividing cells of mitosis in *Allium cepa*. *Biotechnology progress*, 31(2), 557-565.
- [36] Ghosh, M., Bandyopadhyay, M. and Mukherjee, A. (2010). Genotoxicity of titanium dioxide (TiO<sub>2</sub>) nanoparticles at two trophic levels: plant and human lymphocytes. *Chemosphere*, 81(10), 1253-1262.
- [37] Zhang, Z., He, X., Zhang, H., Ma, Y., Zhang, P., Ding, Y. and Zhao, Y. (2011). Uptake and distribution of ceria nanoparticles in cucumber plants. *Metallomics*, 3(8), 816-822.

## NANOPARTİKÜL REZİDÜLERİ VE NANOTOKSİKOLOJİ

**Doktor Öğretim Üyesi, BERNA BAŞ**

Gaziantep Üniversitesi,

bernabas01@gmail.com - ORCID ID: 0000-0003-2455-2849

### ÖZET

Maddeleri atomik ve moleküler düzeylerde değiştirerek 1-100 nm aralığında yeni maddelerin ve cihazların üretimine katkı sağlayan nanoteknolojinin tarımsal uygulamaları giderek artmaya başlamıştır. Nano ölçekli materyaller pestisidlerin ve gübrelerin bitkilere ya da hedef organizmalara iletilmesini sağlayan fiziksel, kimyasal, optik ve biyolojik olarak farklı özelliklere sahip yapılardır. Konvansiyonel sistemlere nazaran nanoformülasyon kimyevi tarım girdileriyle yaklaşık %20-30 civarında daha fazla verim sağlanmaktadır. Hücreler tarafından genellikle kolaylıkla absorbe edilebilen nanomateriyaller iletim kanallarıyla tüm bitkilere yayılabilmekte ve böylece insan besin zincirine dahil olarak insan vücuduna da girebilmektedir. Çoğunlukla kısa süreli ve düşük dozlarda yapılan uygulamalar bitkilere de insanlara da akut toksik zarar vermemektedir. Bazı nanomateriyaller üretilirken Cu, Zn, Ti gibi katyonik iyonlarla uygulama görmektedir. Titanyum insanlar ve bitkiler için eseniyel besin elementi grubunda yer almaz ancak bakır, çinko gibi bazı iz elementleri eseniyel besin maddeleri arasında yer almaktadır. Organizmaların hayati fonksiyonlarını sürdürebilmeleri için eser miktarlarda ihtiyaç duyulan iz elementlerinin besinlerle yetersiz alımları da fazla tüketimleri de çeşitli hastalıklara yol açmaktadırlar. Nano-agroformülasyon uygulanan bitkilerin uzun süreli tüketimlerinin insanlarda sağlık sorunlarına neden olabileceği düşünülmektedir. Bitkiler için de benzer durum söz konusu olup gereğinden fazla nano-agroformüle kimyasallara maruz kalan bitkilerin normal fizyolojik fonksiyonları değişecektir. Ancak tarımsal nanoteknolojiyle ilişkili uzun süreli uygulamaların fitotoksik etkileri ve bu tarz tarımsal bitkilerin insan beslenme zincirine dahil olmasıyla insanlardaki toksik etkilerine dair bilgiler ve deneysel veriler sınırlı miktardadır. Bu amaçla çeşitli bilimsel kaynaklara dayanarak nano-agromateriyal rezidülerinin bitkilerde ve insanlardaki toksik etkilerinin önemini vurgulamak için bu kısa çalışma derlenmiştir.

**Anahtar kelimeler :** Nano-fitotoksite, nano-toksite, tarım ve nanoformülasyonlar

## NANOPARTICLE RESIDUES AND NANOTOXICOLOGY

### ABSTRACT

Nanotechnology, which contributes to producing new substances and devices in the range of 1-100 nm by changing substances at atomic and molecular levels, has started to increase in agricultural applications. Nanoscale materials are structures with different physical, chemical, optical and biological properties that enable pesticides and fertilizers to be delivered to plants or target organisms. Approximately 20-30% more efficiency is achieved with nanoformulation chemical agricultural inputs compared to conventional systems. Nanomaterials, which can

generally be easily absorbed by cells, can spread to all plants through transmission channels and thus enter the human body by being included in the human food chain. Applications, which are mostly made for short periods and in low doses, do not cause acute toxic damage to plants or humans. Some nanomaterials during producing are applied with cationic ions such as Cu, Zn, and Ti. Titanium is not included in the essential nutrient group for humans and plants, but some trace elements such as copper and zinc are vital elements in nutrients. Inadequate intake or excessive consumption of trace elements, which are needed in trace amounts for organisms to maintain their vital functions, lead to various diseases. It is thought that long-term consumption of plants applied with nano-agroformulation may cause health problems in humans. A similar situation applies to plants, and normal physiological functions of plants exposed to excessive amounts of nano-agroformulated chemicals will change. However, information and experimental data on the phytotoxic effects of long-term applications related to agricultural nanotechnology and the toxic effects on humans when such agricultural plants are included in the human food chain are limited. For this purpose, this short study has been compiled to emphasize the importance of the toxic effects of nano-agroformular residues on plants and humans based on various scientific sources.

**Key words :** Nano-phytotoxicity, nano-toxicity, agriculture and nanoformulations.

## 1. GİRİŞ

Nanoteknolojinin uygulama alanının çok geniş olmasından dolayı son yirmi yıldan beri nanobilimde önemli ilerlemeler kaydedilmiştir. Sağlık-tıp-ilaç sektörü, kozmetik, tarım ve gıda, endüstri, tekstil, elektronik vb. birbirlerinden farklı disiplinlerde nanomalzemeler veya nanokompozitler kullanılmaktadır. Nanoteknolojiye-dayalı yenilikler tarım endüstrisinde de yaygın olarak benimsenmiştir. Nanoformüle edilen gübre ve pestisidlerin etken maddeleri hedefe ulaşmakta ve hedef dışında kalan organizmalara da maruziyeti azaltmaktadır. Hızlı yükselişe paralel olarak nano-agrokimyasalların bitki-insan üzerindeki potansiyel riskleri ve çevresel etkileri de fark edilmeye başlamıştır. Gerek akademik-deneysel çalışma sonuçlarının gerekse endüstriyel olarak üretilen nano-tarımsal kimyasalların aşırı ve bilinçsiz kullanımının sonucu olarak doğada insan eliyle oluşturulan nano-formülasyon rezidüleri fitotoksik ve toksik etkilere neden olabilmektedir. Konvansiyonel sisteme göre nanogübreler yaklaşık %18-%29 verim artışı sağlamakta, nanopestisidler de hedef üzerinde yaklaşık %24 civarında daha toksik etki göstermektedir [1]. Klasik tarım pratiklerine karşı nanoteknolojiye dayalı tarım kimyasallarının daha az miktarlarda kullanımıyla ürün verimliliğini artırmak ve hastalık/zararlı pestisidlerinin etkili kontrolü mümkün olabilir. Ürün verimliliğini artırarak sürdürülebilir tarıma katkı sağlayacak olan nanoteknolojik ürünler adsorbentler, katalistler, taşıyıcı sistemleri, bitki gelişimini ilerleticiler, membran materyalleri, antimikrobikler çeşitli işlevleriyle çevresel ve tarımsal sorunların çözümünde destekleyici olabilirler [2]. NP 'ler, küçük boyutları sayesinde yabancı maddeleri (yani gübre, pestisid gibi) bitki hücrelerine taşıyabilirken, yabancı maddeleri bozunmadan da koruyabilmektedirler [3]. Hücre seviyesinde NP 'ler hücre bölünmesi ve yapısında değişimler meydana getirerek ve büyümeyi baskılayarak bitkilerde toksik etkilere neden olabilirler [3].



Nano-formüle uygulama gören bitkiler aracılığıyla nano boyutlu materyaller insan hücreleri tarafından da kolayca alınabilmekte ve çeşitli dokularda birikim yaparak sonuçta toksik etkiler gösterebileceği için nanopartiküller (NP 'ler) ve biyolojik sistemler arasındaki interaksyonlarla ilgili çalışmalar yapılmaktadır. Negatif yüklü hücre membranlarının pozitif yüklü moleküllere kolayca bağlanabilmesinden dolayı pozitif yüklü NP 'lerin sitotoksik etkileri daha yüksektir [4]. NP 'lerin özel fiziko-kimyasal karakteristiklerinden dolayı farklı biyolojik özellikleriyle toksik etkiyi azaltmakta, biyoyumu artırmaktadır [5]. ZnO nano gübreleriyle ve MoO<sub>3</sub>-NP ile gübrelenen kuru fasulye bitkileriyle beslenen farelerin sağlığına herhangi bir zarar vermediği ve bu nedenle nanogübre uygulanan bitkilerin insan tüketiminde de güvenli olacağı belirtmiştir [6]. Ancak fareler üzerindeki toksik çalışmalar birkaç gün ve birkaç haftayla sınırlı çalışma sonuçlarından edinilmiştir. Oysa ki nano-formüle uygulama yapılmış bitkilerle uzun süre beslenmenin insan sağlığıyla ilgili kronik etkileri net olarak bilinmemektedir. Bu nedenle nanomalzemelerin istenmeyen nanotoksik etkilerinden sakınmak için mümkünse meta-analiz çalışmalarına tabi tutulması gerekir. Yüksek doz ve uzun süreli nanoformülasyon uygulamaları hem insanlarda hem bitkilerde normal metabolizmaya zarar verebilmekte, sitotoksik ve genotoksik sonuçlar doğurabilmektedir [7, 8, 9, 10]. Nano-agrokimyasalların besin zinciriyle insan sağlığına toksik etki olasılıklarını ortaya koymak için bu kısa çalışma derlenmiştir.

## 2. NANOPARTİKÜL TOKSİKOLOJİSİ

Tarımsal ürün artışı ve toprak verimliliğinin korunmasında mikro ve makro besin gübreleri önemli roller oynamaktadır. Mikro besin elementlerinden demir (Fe), bakır (Cu), çinko (Zn), mangan (Mn), nikel (Ni), bor (B), sodyum (Na), klor (Cl) gibi mineraller çeşitli enzimlerde kofaktör olarak, solunum ve metabolik olaylardaki görevlerinden dolayı az miktarlarda ihtiyaç duyulmaktadır [11]. Eksikliklerinde besin yetersizliği, fazlalıklarında ise toksikolojik sonuçlara neden olan bu besin elementlerinin bazıları nano-agroformülasyonlarda yer almaktadır. Nanokompozitlerin tarımsal üretimde uzun yıllar kullanımından sonra toprakta, bitki ve insan hücre/organ/dokularında birikerek toksik sonuçlara neden olma ihtimali bulunmaktadır. Nanoteknolojiye dayalı tarım girdilerinin arazide uygulama sonuçları dikkatle analiz edilerek yeni keşiflerin ilavesiyle sürekli güncellenmesi gereklidir. Nanokompozitlerin fiziko-kimyasal özellikleri çeşitli metal elementlerle değiştirildiği için tarımda nanometal elementlerinden bazılarının bitkilerde ve insanlarda olası toksikolojik etkileri çeşitli akademik araştırma sonuçlarına dayalı olarak aşağıda mini bir özet olarak değerlendirilmiştir. Bu kapsamda nanoformülasyonlarda kullanılan bakır, çinko ve titanyum 'un toksikolojik sonuçları ele alınmış olup diğer katyonik metaller ve metal oksitler de benzer açıdan yorumlanabilir.

### 2.1. Bakır-Bazlı Nanopartiküller

Tarımda bakır-bazlı nanopartiküller en genel fungusidlerden biri olup kolay uygulanırılığı, uygun maliyetli olması ve yüksek etkisinden dolayı yaygın olarak kullanılmaktadır [12]. Benzer şekilde Cu besin elementi olarak diğer mikro besin elementleriyle karışım olarak bitkinin yeşil aksamına da uygulanmaktadır [13]. Bitki gelişiminde Cu eseniyel besin elementlerinden biridir ve çeşitli biyokimyasal olaylarda fonksiyonel olan enzimlerin

kofaktörü olarak işlev yapmakta, fotosentez, solunum, etilen algılanması ve antioksidan sistemlerde de önemli roller oynamaktadır [14]. Evrimsel adaptasyonları sırasında bitkiler bakır homeostazını korumak ve normal yaşam aktivitelerini sürdürmek amaçlı karmaşık moleküler mekanizmalar geliştirmişlerdir [15]. Bitkiler için Cu mikro besin elementi olduğundan düşük seviyelerde ihtiyaç duyulmaktadır. Bakır yetersizliğinde bitkilerin gelişmesi gerilemekte, yaşlılık hızlanmakta ve verimi düşürmektedir [16]. Bitki kuru ağırlığındaki ortalama bakır miktarı  $10 \mu\text{g g}^{-1}$  'dır ve bakır yetersizliğinin kritik eşiği  $1 \mu\text{g g}^{-1}$  ve  $5 \mu\text{g g}^{-1}$  arasındadır [17]. Bakır fazla alındığında hücrelerde birikim yaparak toksik hasarlara neden olmaktadır. Ancak toksik konsantrasyonlar bitki türü ve genotipe bağlı olup tür-içinde ve türler-arasında Cu toleranslığı önemli oranda değişkenlik göstermektedir [18]. Bakır toksitesinde ilk hedef fotosentez olup fazla alındığında klorofilleri azaltacağı için fotosentezi düşürmekte, metabolik prosesleri etkileyecek şekilde artan ROS konsantrasyonu oksidatif stresi geliştirmekte, diğer mineral besin elementlerinin absorpsiyonunu azaltmakta ve nihayet hücrenin homeostazı değişmektedir [8, 19, 20, 21]. Bu gelişmeler bitkinin toplam kütlelerinde ve veriminde azalmaya neden olacak ve bitkilerde biriken Cu insan besin zincirine girdiğinde sağlık sorunlarına neden olacaktır [22].

Aktif bir redoks metal elementi olarak Cu, yüksek eukaryotların yaşamında da önemli mikro besin elementidir [23]. İnsan serumunda Cu yetersizliği  $<63,7 \mu\text{g/L}$  düzeyinde gelişmekte olup fazlalığı ise  $>140,12 \mu\text{g/L}$  seviyesine ulaştıktan sonra gelişmektedir, her iki durumda da ciddi hastalıklara neden olan zararlı etkiler ortaya çıkabilmektedir [24]. Bitkilerdeki gibi insanlarda da çeşitli antioksidan enzimlerin kofaktörü olarak işlev yapan Cu, yetersizlik durumunda anemi, pansitopeni ve ataksi gibi hastalıklara yol açabilir [25]. Uzun yıllar aşırı Cu alımının kronik zehirlenmelere neden olacağı ve kronik ataklar, böbrek tübülllerinde, beyinde ve diğer organlarda hasarlar meydana getirebileceği rapor edilmiştir [26]. Bu nedenle nano Cu gübre/pestisid geliştirirken uygun bir şelasyon maddesiyle veya alternatif yüzey kaplayıcılarla nanokompozit bakırın bitki hücresiyle teması minimuma indirilecek şekilde tasarlanması gerekir.

## 2.2. Çinko-Bazlı Nanopartiküller

Fotokatalitik aktivitesi iyi bilinen çinko esentiyel mikro besin elementlerindendir ve toprakta değişken bir dağılıma sahiptir [27, 28]. Ürün çeşidine ve toprakta bulunan miktara bağlı olarak ihtiyaç duyulan Zn konsantrasyonu 20 ve  $100 \text{ mg kg}^{-1}$  kuru bitki ağırlığıdır [29]. Çinko yetersizliği bitkide verim ve kalitede düşümlere neden olmaktadır [28]. Önerilen dozun üzerinde kullanıldığında ağır metal olarak Zn kirliliği yaratacağından dolayı çevresel riskler söz konusudur [30]. Çinko oksid NP 'leri hem gübre hem de antimikrobik aktiviteye sahip olup metal-bazlı nanopestisidlerin yaklaşık %15 'i, aktif maddelerinden biri olarak çinko içermektedir [27]. Hatta ZnO NP 'leri organik pestisidlerin etkisini indirgeme özelliğine sahip olması nedeniyle bazı pestisidlerin çevresel etkilerini de azaltmaktadır [31]. ZnO NP 'lerinin iyonik  $\text{Zn}^{+2}$  'ye göre bitki boyu, sürgün kuru ağırlığı, fotosentez oranı, transpirasyon oranı, klorofil içeriği, tohum kalitesi gibi bitki gelişiminde etkili olduğu bildirilmiştir [32]. Kaplanmamış nano ZnO sulu solüsyonlarda çözünür olduğundan sulu ortamlarda NM 'in yüzeyinden  $\text{Zn}^{+2}$  iyonları kolayca salınacak ve birikim yaparak toksik etkiye neden olacaktır [33]. ZnO 'in toksik etkisi sulu ortamlarda ortaya çıkacağı için akuatik türlerde veya toprak

sulandığında bitkiler için (uzun süreli kullanımlardan sonra) risk teşkil edecektir. Bu nedenle nanokapsülasyon ZnO olarak uygulama kısmen fitotoksiteyi azaltacaktır. Konvansiyonel yaprak gübrelemesinde,  $Zn^{2+}$  iyonları stoma gözeneklerinden doğrudan bitkiye giriş yapmakta ve yaprağın floem dokusunda (apoplastik yolla ilerleyerek) Zn konsantrasyonu yükselerek doğrudan gelişmekte olan tahıl, meyve, yumru, yaprak, kök vb. organlara taşınabilmektedir [34]. Toksik Zn seviyelerine toleranslı bitkilerde, kök korteksinde ve yapraklarda birikme gözlemlenmiş olup bu dokularda, ya Zn hücre duvarlarında birikmekte veya vakuollerde tutulmaktadır [35]. Dolaysıyla sonuçlar insan besin zincirine girebileceğini düşündürmektedir. Ancak insanlar için bitkisel kaynaklardan alınan Zn 'nun biyoyararlanımının düşük olduğu ve Zn toksitesinin aşırı çinko takviyeleriyle gelişebileceği rapor edilmiştir [36].

Saper ve Rash [37] 'a göre insan vücudunda demirden sonra en bol bulunan ikinci besin elementi çinkodur. Araştırmacılar Zn 'nun proteinlerin katlanmasına, genlerin ifade düzeylerinin ayarlanmasına yardım etmekle birlikte metabolizmada görev yapan 100 'den fazla enzimi katalizleyen önemli bir mikro element olduğunu da bildirmişlerdir. Zn yetersizliğinde; büyüme geriliği, ishal, alopesi, glosit, tırnak distrofisi, bağışık sisteminde zayıflama ve hipogonadizm meydana gelmekte, fazla alındığında; akut olarak ağızda metalik tat, mide bulantısı, kusma, karın krampları ve ishal gelişirken uzun süreli maruziyetlerde de tolere edilebilir sınırın üzerine çıktığı zaman bağışıklığı baskılayabilmekte, yüksek yoğunluklu lipoprotein kolesterol seviyelerini azaltmakta ve hipokromik mikrositer anemiye neden olabilmektedir [38, 39]. Günlük ihtiyaç duyulan Zn miktarı cinsiyet ve yaşa bağlı değişmekle beraber, Dünya Sağlık Örgütü erişkin bir birey için 14-20 mg Zn/gün olarak belirlemiştir [40].

### 2.3. Titanyum-Bazlı Nanopartiküller

Titanyum insan, hayvan veya bitki beslenmesinde standart esentiyel besin elementi grubunda yer almamaktadır [13, 41].  $TiO_2$ , titanyumun oksitlenmiş şeklidir ve doğal olarak bulunan bir mineraldir [42]. Birleşik Devletlerde  $TiO_2$  büyük miktarlarda üretilmekte ve tüketilmekte olup, Uluslararası Kanseri Araştırmaları Ajansı tarafından insanlarda olası kanserojen (Grup 2B) olarak sınıflandırılmıştır [43].  $TiO_2$ -NP 'leri kozmetik sektöründe geniş bir kullanım alanına sahiptir [44].

Son yıllarda  $TiO_2$ -NP uygulamaları tarımsal nanoformülasyonlar arasında yer almaya başlamıştır. Fotokatalitik özelliğe sahip olan  $TiO_2$ -bazlı nanomalzemeler tarımsal kirleticilerin *in situ* 'da toksik etkilerini gidermekte, mineralizasyonu ilerleterek ağır metal birikimini azaltmakta, fotosentezde ışık enerjisinin daha verimli kullanımını sağladığı için bitki gelişimini teşvik etmekte, toprağın nem tutması, havalandırması gibi özellikleriyle toprak yapısını değiştirecek yetenekleriyle iyileştirme sağlamaktadır [2]. Kökler veya yapraklar aracılığıyla emilen Ti, ksilem ve floem yoluyla bitkinin diğer organlarına taşınırken kökler tarafından emilen Ti ise büyük ölçüde köklerde birikim yaparak küçük bir miktarı ksilem yoluyla sürgünlere ulaşabilmektedir [45]. Mısır bitkilerinde yapılan bir çalışmada 40 nm 'den küçük boyutlu ve 10 g L<sup>-1</sup> 'den daha düşük dozda  $TiO_2$ -NP kullanımı daha iyi tohum çimlenmesi ve kök gelişimi sağlamaktadır [46]. Salatalık bitkilerine hidroponik ve topraktan  $TiO_2$  NP kök uygulamasından sonra titanyumun kristal yapısının değişmeden ve biyotransformasyon geçirilmeden salatalık meyvelerine kadar ulaştığı bildirilmiştir [47]. Nanokompozitlerin çeşitli bitki organlarında birikimi kısa sürede kabul edilir ölçüde düşük oranlarda toksik etkilere neden

olsa da uzun yıllar nano-agroformülasyon uygulamalarına maruz kalan bu tarz bitkilerin insanlar/hayvanlar tarafından tüketiminin yaratacağı toksik sonuçlar belirsizdir. Diğer besin elementleri gibi Ti düşük dozlarda yarar sağlarken yükselen dozlarda fitotoksik etkiler ortaya çıkarmaktadır. Buğday da  $TiO_2$  toksitesi araştırılmış ve fotokatalitik bozunma sürecinde sitotoksitenin başlangıçta arttığı, daha sonra azaldığı, fitotoksitenin ise zamanla arttığı rapor edilmiştir [10].  $TiO_2$  NP 'leri görünür ışık ve UV ışığının etkisiyle fotokatalitik reaksiyonla serbest radikaller meydana getirdiği için toksik etkisi güçlü olabilir [7]. Bu özelliği dikkate alınarak sıvı uygulamalarda ısı, ışık, pH, tuzluluk gibi çeşitli abiyotik faktörlerle modüle edilerek zararlı etkileri indirgenebilir.

Özellikle kozmetik üretiminde geniş olarak kullanımından dolayı son yıllarda  $TiO_2$  NP 'leriyle temas riski de artmaya başlamıştır. Tarımda da uygulanan  $TiO_2$  nanoformülasyonlarının insanlarda ve hayvanlarda besin zincirine girme ihtimali bulunmaktadır. Nano- $TiO_2$  rezidülerinin tarımsal ürünlerde uzun süre kalma ve daha sonra insan besin zincirine girme potansiyeline karşın akut değil ama kronik maruziyetin bu tür ürünlerin tüketim açısından güvenliğini ilgilendiren kapsamlı uygulama çalışmalarına ihtiyaç vardır. Yapılan meta analitik çalışmalarda  $TiO_2$  NP 'lere düzenli maruz kalmanın sonucunda ince bağırsağa ve erkek-dişi üreme sistemine zarar verebileceği, alveollerin yüzey alanını azaltarak mikro ve makro elementlerin emilimini azaltacağı, diğer vücut organlarında (karaciğer, dalak, kalp dokuları) birikerek hasar verebileceği, kan beyin bariyerini geçebileceği, apoptozu indükleyebileceği ve hipokampal nörona zarar verebileceği rapor edilmiştir [7, 9].

### 3. SONUÇ DEĞERLENDİRME

Klasik tarım uygulamalarını ıslah edebilecek olan nanoteknoloji kimyasal tarım girdilerine bağımlılığı nispeten azaltacak ve bitkinin biyolojik gelişim parametrelerini iyileştirebilecek potansiyele sahiptir. Ancak nanoformülasyonların da konvansiyonel uygulamalara benzer şekilde kontrolsüz kullanımının bitkiler üzerindeki negatif etkileri de artık dikkate alınmaya başlamıştır. Nanopartiküller bitkilerin doğal açıklıklarından (stoma, lentisel, hidatod, stigma, köklerden absorpsiyon gibi) giriş yaptıktan sonra iletim kanallarıyla tüm bitkiye yayılabilmekte hatta meyvelere kadar ulaşabilmektedir. Toksik etkileri nanopartikülün özelliklerine, uygulanan doz ve çevresel koşullara bağlıdır. Düşük dozda kullanılan nano-agroformülasyonlar bitki gelişimine olumlu katkı sunarken akut fitotoksite meydana gelmemektedir. Nanoformülasyonların içeriğinde bulunan bazı metal iyonları, hem bitkiler için hem de insanlar için esentiyel mikro besin elementleri olup biyolojik sistemlerde önemli işlevlere sahiptir. Düşük doz uygulamaları sadece bitkilere değil besin yoluyla insanlara da yarar sağlarken uzun süreli uygulamaların hücrelerde ve dokularda birikim olasılığı, kronik fitotoksik ve toksikolojik sonuçları ile ekolojik etkileri kesin olarak bilinmemektedir. Nanotoksitenin detaylı olarak ortaya çıkarılması NP 'lerin sitotoksitesinin kontrol edilebileceği şekilde tasarlanmasını sağlayacaktır. İlaveten, NP 'lerin biyolojik sistemlerin doğal mekanizmalarına potansiyel toksik etkilerinin bilinmesi, bitki ve insan sağlığına ve ekolojiye zarar vermeyen veya zararı minimuma indirecek nano-uygulamalar için daha güvenilir nano-agroformülasyonların geliştirilmesine olanak sunan yeni stratejilere de öncülük edecektir.

## KAYNAKÇA

- [1] Kah, M., Kookana, R.S., Gogos, A. and Bucheli, T.D. (2018). A critical evaluation of nanopesticides and nanofertilizers against their conventional analogues. *Nature nanotechnology*, 13(8), 677-684.
- [2] Kumari, K., Rani, N. and Hooda, V. (2024). Unravelling the effects of nano SiO<sub>2</sub>, nano TiO<sub>2</sub> and their nanocomposites on *Zea mays* L. growth and soil health. *Scientific Reports*, 14(1), 13996.
- [3] Gao, M., Chang, J., Wang, Z., Zhang, H. and Wang, T. (2023). Advances in transport and toxicity of nanoparticles in plants. *Journal of Nanobiotechnology*, 21(1), 75.
- [4] Halimu, G., Zhang, Q., Liu, L., Zhang, Z., Wang, X., Gu, W. ... and Xu, M. (2022). Toxic effects of nanoplastics with different sizes and surface charges on epithelial-to-mesenchymal transition in A549 cells and the potential toxicological mechanism. *Journal of hazardous materials*, 430, 128485.
- [5] Feng, T., Ji, W., Zhang, Y., Wu, F., Tang, Q., Wei, H. ... and Zhang, M. (2020). Zwitterionic polydopamine engineered interface for *in vivo* sensing with high biocompatibility. *Angewandte Chemie International Edition*, 59(52), 23445-23449.
- [6] Salama, D.M., Osman, S.A., Mahmoud, S.H., El-Tanahy, A.M. and Abd El-Aziz, M.E. (2024). Improving the Productivity and Physiological Characteristics of Lettuce Plants Using Spraying Calcium as a Nanofertilizer. *Horticulturae*, 10(11), 1157.
- [7] Luo, Z., Li, Z., Xie, Z., Sokolova, I.M., Song, L., Peijnenburg, W.J. ... and Wang, Y. (2020). Rethinking nano-TiO<sub>2</sub> safety: overview of toxic effects in humans and aquatic animals. *Small*, 16(36), 2002019.
- [8] Wairich, A., De Conti, L., Lamb, T.I., Keil, R., Neves, L.O., Brunetto, G. ... and Ricachenevsky, F.K. (2022). Throwing copper around: how plants control uptake, distribution, and accumulation of copper. *Agronomy*, 12(5), 994.
- [9] Manzoor, Q., Sajid, A., Ali, Z., Nazir, A., Sajid, A., Imtiaz, F. ... and Iqbal, M. (2024). Toxicity spectrum and detrimental effects of titanium dioxide nanoparticles as an emerging pollutant: A review. *Desalination and Water Treatment*, 100025.
- [10] Tošić, M., Savić, J., Valenta Šobot, A., Živković, S., Dimitrijević, A., Ilić, N. ... and Momčilović, M. (2024). Photocatalytic Degradation of Carbofuran in Water Using Laser-Treated TiO<sub>2</sub>: Parameters Influence Study, Cyto-and Phytotoxicity Assessment. *Toxics*, 12(8), 566.
- [11] Pramanik, P., Krishnan, P., Maity, A., Mridha, N., Mukherjee, A. and Rai, V. (2020). Application of nanotechnology in agriculture. *Environmental Nanotechnology*, 4, 317-348.



- [12] Santos-Rasera, J.R., Neto, A.S.A., Monteiro, R.T.R., Van Gestel, C.A. and De Carvalho, H.W.P. (2019). Toxicity, bioaccumulation and biotransformation of Cu oxide nanoparticles in *Daphnia magna*. *Environmental Science: Nano*, 6(9), 2897-2906.
- [13] Arnon, D.I. and Stout, P.R. (1939). The essentiality of certain elements in minute quantity for plants with special reference to copper. *Plant Physiology*, 14, 371-375.
- [14] Schulten, A. and Krämer, U. (2018). Interactions between copper homeostasis and metabolism in plants. *Progress in Botany*, 79, 111-146.
- [15] Burkhead, J.L., Gogolin Reynolds, K.A., Abdel-Ghany, S.E., Cohu, C.M. and Pilon, M. (2009). Copper homeostasis. *New Phytologist*, 182(4), 799-816.
- [16] Thomas, G., Andresen, E., Mattusch, J., Hubáček, T. and Küpper, H. (2016). Deficiency and toxicity of nanomolar copper in low irradiance-a physiological and metalloproteomic study in the aquatic plant *Ceratophyllum demersum*. *Aquatic Toxicology*, 177, 226-236.
- [17] Yruela, I. (2005). Copper in plants. *Brazilian journal of plant physiology*, 17, 145-156.
- [18] Adrees, M., Ali, S., Rizwan, M., Ibrahim, M., Abbas, F., Farid, M. ... and Bharwana, S.A. (2015). The effect of excess copper on growth and physiology of important food crops: a review. *Environmental Science and Pollution Research*, 22, 8148-8162.
- [19] Al Mahmud, J., Bhuyan, M.B., Anee, T.I., Nahar, K., Fujita, M. and Hasanuzzaman, M. (2019). Reactive oxygen species metabolism and antioxidant defense in plants under metal/metalloid stress. *Plant Abiotic Stress Tolerance: Agronomic, Molecular and Biotechnological Approaches*, 221-257.
- [20] Li, L., Long, M., Islam, F., Farooq, M.A., Wang, J., Mwamba, T.M. ... and Zhou, W. (2019). Synergistic effects of chromium and copper on photosynthetic inhibition, subcellular distribution, and related gene expression in *Brassica napus* cultivars. *Environmental Science and Pollution Research*, 26, 11827-11845.
- [21] Feil, S.B., Pii, Y., Valentinuzzi, F., Tiziani, R., Mimmo, T. and Cesco, S. (2020). Copper toxicity affects phosphorus uptake mechanisms at molecular and physiological levels in *Cucumis sativus* plants. *Plant Physiology and Biochemistry*, 157, 138-147.
- [22] Fagnano, M., Agrelli, D., Pascale, A., Adamo, P., Fiorentino, N., Rocco, C. ... and Ventrino, V. (2020). Copper accumulation in agricultural soils: Risks for the food chain and soil microbial populations. *Science of the Total Environment*, 734, 139434.
- [23] Sailer, J., Nagel, J., Akdogan, B., Jauch, A.T., Engler, J., Knolle, P.A. and Zischka, H. (2024). Deadly excess copper. *Redox biology*, 103256.
- [24] Scheiber, I.F., Mercer, J.F. and Dringen, R. (2014). Metabolism and functions of copper in brain. *Progress in neurobiology*, 116, 33-57.
- [25] Altarelli, M., Ben-Hamouda, N., Schneider, A. and Berger, M.M. (2019). Copper deficiency: causes, manifestations, and treatment. *Nutrition in Clinical Practice*, 34(4), 504-513.

- [26] Gaetke, L.M., Chow-Johnson, H.S. and Chow, C.K. (2014). Copper: toxicological relevance and mechanisms. *Archives of toxicology*, 88, 1929-1938.
- [27] Wang, D., Saleh, N.B., Byro, A., Zepp, R., Sahle-Demessie, E., Luxton, T.P. ... and Su, C. (2022). Nano-enabled pesticides for sustainable agriculture and global food security. *Nature nanotechnology*, 17(4), 347-360.
- [28] de Francisco, M., Romeiro, A., Durães, L., Álvarez-Torrellas, S., Ibañez, M.A. and Almendros, P. (2024). Environmental Behaviour of Synthesized and Commercial Agricultural Zinc Products: Leaching, Migration, and Availability in Soils. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, 1-16.
- [29] Khan, S.T., Malik, A., Alwarthan, A. and Shaik, M.R. (2022). The enormity of the zinc deficiency problem and available solutions; an overview. *Arabian Journal of Chemistry*, 15(3), 103668.
- [30] Luo, Y.M., Yan, W.D. and Christie, P. (2001). Soil solution dynamics of Cu and Zn in a Cu-and Zn-polluted soil as influenced by  $\gamma$ -irradiation and Cu-Zn interaction. *Chemosphere*, 42(2), 179-184.
- [31] Pandey, S., Giri, K., Kumar, R., Mishra, G. and Raja Rishi, R. (2018). Nanopesticides: opportunities in crop protection and associated environmental risks. *Proceedings of the National Academy of Sciences, India Section B: Biological Sciences*, 88, 1287-1308.
- [32] Umar, W., Hameed, M.K., Aziz, T., Maqsood, M.A., Bilal, H.M. and Rasheed, N. (2021). Synthesis, characterization and application of ZnO nanoparticles for improved growth and Zn biofortification in maize. *Archives of Agronomy and Soil Science*, 67(9), 1164-1176.
- [33] Schultz, A.G., Boyle, D., Chamot, D., Ong, K.J., Wilkinson, K.J., McGeer, J.C. ... and Goss, G.G. (2014). Aquatic toxicity of manufactured nanomaterials: challenges and recommendations for future toxicity testing. *Environmental Chemistry*, 11(3), 207-226.
- [34] Gupta, N., Ram, H. and Kumar, B. (2016). Mechanism of Zinc absorption in plants: uptake, transport, translocation and accumulation. *Reviews in Environmental Science and Bio/Technology*, 15, 89-109.
- [35] Longnecker, N.E. and Robson, A.D., *Distribution and transport of zinc in plants*, Proceedings of the International Symposium on 'Zinc in Soils and Plants', 79-91, The University of Western Australia, 1993, Dordrecht: Springer Netherlands.
- [36] Stiles, L.I., Ferrao, K. and Mehta, K.J. (2024). Role of zinc in health and disease. *Clinical and Experimental Medicine*, 24(1), 38.
- [37] Saper, R.B. and Rash, R. (2009). Zinc: an essential micronutrient. *American family physician*, 79(9), 768-772.
- [38] Fosmire, G.J. (1990). Zinc toxicity. *The American journal of clinical nutrition*, 51(2), 225-227.

- [39] Institute of Medicine, 2002. Dietary Reference Intakes of Vitamin A, Vitamin K, Arsenic Boron, Chromium, Copper, Iodine, Iron, Manganese, Molybdenum, Nickel, Silicon, Vanadium, and Zinc. Washington, DC: National Academy Press.
- [40] WHO, JECFA. Evaluations of the Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives (JECFA). Available from: <https://apps.who.int/food-additives-contaminants-jecfa-database/Home/Chemical/4197#:~:text=The%20required%20daily%20intake%20for,o%20zinc%20and%20toxic%20levels> [Erişim tarihi: 16.10.2024]
- [41] WHO, (1982). Environmental health criteria 24: Titanium. Environmental Health Criteria, 22, 76. [Erişim tarihi: 16.10.2024]
- [42] Cox, A., Venkatachalam, P., Sahi, S. and Sharma, N. (2016). Silver and titanium dioxide nanoparticle toxicity in plants: a review of current research. Plant physiology and biochemistry, 107, 147-163.
- [43] IARC, 2010. International Agency for Research on Cancer Carbon Black, Titanium Dioxide, and Talc. IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risk to Humans, 93 (2010), pp. 193-275. Available from: <http://monographs.iarc.fr/ENG/Monographs/vol93/mono93.pdf> [Erişim tarihi: 17.10.2024]
- [44] Grande, F. and Tucci, P. (2016). Titanium dioxide nanoparticles: a risk for human health?. Mini reviews in medicinal chemistry, 16(9), 762-769.
- [45] Lyu, S., Wei, X., Chen, J., Wang, C., Wang, X. and Pan, D. (2017). Titanium as a beneficial element for crop production. Frontiers in plant science, 8, 597.
- [46] Lian, J., Zhao, L., Wu, J., Xiong, H., Bao, Y., Zeb, A. ... and Liu, W. (2020). Foliar spray of TiO<sub>2</sub> nanoparticles prevails over root application in reducing Cd accumulation and mitigating Cd-induced phytotoxicity in maize (*Zea mays* L.). Chemosphere, 239, 124794.
- [47] Servin, A.D., Determination of the uptake and effects of TiO<sub>2</sub> nanoparticles in cucumber (*Cucumis sativus*), *ETD Collection for University of Texas, El Paso*, AAI3623467, 2014.



## **PILOT BALIĞININ, *Naucrates ductor* (LINNAEUS, 1758) İSKENDERUN KÖRFEZİ'NDEN (KUZEYDOĞU AKDENİZ) İLK RESMİ KAYDI**

**Prof. Dr., NURİ BAŞUSTA**

FIRAT UNIVERSITY,

nbasusta@firat.edu.tr - 0000-0002-4260-4772

**Prof. Dr., ASİYE BAŞUSTA**

FIRAT UNIVERSITY,

agirgin@firat.edu.tr - 0000-0002-9903-1418

### **ÖZET**

Pilot balığı (*Naucrates ductor* (Linnaeus, 1758)) gemilerin altında yüzen, genellikle köpekbalıklarının eşlik ettiği çevik bir balıktır ve bu nedenle pilot balığı olarak da adlandırılır. Sıcak ve ılıman denizlerde yaşar ve algler, deniz solucanları, kabuklular ve özellikle köpek balığı kalıntılarıyla beslenir. Bu çalışmada, 20 Eylül 2024 tarihinde İskenderun Körfezi'nde 50-60 m derinlikten ticari gırgır tekneleriyle toplam boyu 20,7 cm, vücut ağırlığı 60,11 gr olan genç bir *N. ductor* bireyi yakalanmıştır. Bu pelajik balık ilk kez İskenderun Körfezi'nden (Türkiye'nin kuzeydoğu Akdeniz kıyısı) rapor edilmiştir. *N. ductor* bireyi aynı zamanda Türkiye'nin kuzeydoğu Akdeniz kıyılarında yakalanan en küçük bireydi. İskenderun Körfezi'nde kılavuz balığı örneğinin görülmesi, bu bölgede bazı köpekbalıkları veya deniz memelilerinin bulunma ihtimalinin bir göstergesi olarak değerlendirilebilir.

**Anahtar Kelimeler :** Kılavuz balığı, *Naucrates ductor*, İlk kayıt, İskenderun Körfezi

### **FIRST OFFICALLY RECORD OF THE PILOTFISH, *Naucrates ductor* (LINNAEUS, 1758) IN ISKENDERUN BAY, NORTHEASTERN MEDITERRANEAN**

### **ABSTRACT**

Pilot fish (*Naucrates ductor* (Linnaeus, 1758)) is an agile fish that used to swim under ships, often accompanied by sharks, and is therefore also called pilot fish. It lives warm and temperate seas and feeds on algae, sea worms, crustaceans and especially the remains of sharks. On 20 September 2024, a young specimen of *N. ductor* with 20.7 cm in total length and 60.11 g in body weight was caught by commercial purse-seine vessel, from 50-60 m depth in Iskenderun Bay. This pelagic fish have been reported for the first time from the Iskenderun Bay (northeastern Mediterranean coast of Türkiye). *N. ductor* individual was also the smallest individuals caught in the northeastern Mediterranean coast of Türkiye. Occurrence of the pilotfish specimen in Iskenderun Bay can be considered an indicator of the possibility of some sharks or marine mammals being in this area.

**Keywords :** Pilot fish, *Naucrates ductor*, First Record, Iskenderun Bay

## 1. INTRODUCTION

The Pilotfish, *Naucrates ductor* (Linnaeus, 1758) is a cosmopolitan species inhabiting all major oceans. It found usually in close proximity to large cartilaginous fish, turtles or marine mammals. This fish feeds on waste of its large hosts and possibly also acts as a cleaner that consumes ectoparasites [1]. *N. ductor* is assessed as least concern species (LC) in the global red lists by the IUCN [2].

## 2. EXPERIMENTAL STUDIES

On 20 September 2024, a young specimen of *N. ductor* (Fig. 1) was caught by commercial purse-seine vessel, from 50-60 m depth in Iskenderun Bay (36.510220° N - 035.484761° E). The specimen of pilotfish metric and meristic characters were identified according to Smith-Vaniz [3]. The specimens were preserved in 4% formalin and deposited in Museum of Fisheries Faculty, Firat University (catalogue numbers: FFM-FISH/2024-1).



**Figure 1. *Naucrates ductor* captured Iskenderun Bay, Türkiye (Photo by Nuri Başusta)**

## 3. RESULTS AND DISCUSSION

In this study, *Naucrates ductor* specimen has been examined and it's total length and weight were 207 mm, 60.11 g., respectively. The morphometric and meristic characters of this species were given in Table 1. In the eastern Mediterranean, *N. ductor* has been recorded from Israel [4] and from Egypt [5]. This species has been known also from the Syrian waters in the Mediterranean by Ali-Basha [6] and Saad et al. [7]. Records of *N. ductor* given from Izmir Bay, Aegean Sea by Geldiay [8] and Akyol [9]. Later Şen et al. [10] reported from Edremit Bay (Northern Aegean Sea). Özgül [11] recently observed the juveniles of pilotfish in Kuşadası Bay, southern Aegean Sea. In addition, it has been simply listed among the fish species, caught from the Levant Sea since early 1980s but with no reference being cited and no explanation of the date, location, morphometric measurements etc. [12]. Başusta & Erdem [13] did not report the existence of the species in their study on the fishes of Iskenderun Bay. Thus, the first official record of young pilotfish from Iskenderun Bay (Northeast Mediterranean) was given with present study.

**Table 1. Metric and meristic measurements of *Naucrates ductor* specimen compared to other regions in the Mediterranean**

| <b>Morphometric Measurements (mm)</b> | This study | Şen al. (2023)                 | Saad et al. (2023) | Ali-Basha et al. 2021) | Akyol (2019) |
|---------------------------------------|------------|--------------------------------|--------------------|------------------------|--------------|
| N                                     | 1          | 4                              | 2                  | 1                      | 1            |
| Total length (TL)                     | 207        | 346, 324, 311, 276             | 357, 351           | 300                    | 275          |
| Fork length (FL)                      | 176        | 312, 292, 281, 251             | 315, 310           | 267                    | 247          |
| Standard length (SL)                  | 155        | 271, 256, 243, 222             | 290                | 261                    | 224          |
| Body depth (BD)                       | 37         | 67, 63, 55, 47                 | 63.2, 77.7         | 65                     | -            |
| Head length (HL)                      | 43         | 71, 66, 64, 56                 | 73, 75             | 61                     | 58           |
| Eye Diameter (ED)                     | 8          | 12, 11, 10, 9                  | 11                 | 11                     | 11           |
| Total weight (g)                      | 60.11      | 468.66, 385.37, 326.56, 244.75 | 580, 540           | 294.29                 | -            |
| <b>Meristic counts</b>                |            |                                |                    |                        |              |
| Dorsal fin rays                       | IV+1+26    | IV+I+27                        | III+I+27           | IV+I+27                | IV+I+28      |
| Anal fin rays                         | II+I+15    | II+16                          | II+I +16           | II+I +15               | III +15      |
| Pectoral fin rays                     | 18         | 18                             | -                  | 20                     | 18           |
| Ventral fin rays                      | I+5        | I+5                            | I+5                | I+5                    | I+5          |

#### 4.CONCLUSION

*N. ductor* individual was also the smallest individuals caught in the northeastern Mediterranean coast of Türkiye. Occurrence of the pilotfish specimen in Iskenderun Bay can be considered an indicator of the possibility of some sharks or marine mammals being in this area.

#### REFERENCES

- [1] Golani, D., Öztürk, B., Başusta, N. *The Fishes of the Eastern Mediterranean*. Turkish Marine Research Foundation, Publication No. 24. Istanbul, 259 pp., 2006.
- [2] Smith-Vaniz, W.F., Brown, J., Pina Amargos, F., Williams, J.T. & Curtis, M. *Naucrates ductor* (errata version published in 2017). The IUCN Red List of Threatened Species 2015: e.T190452A115322218. <https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2015-4.RLTS.T190452A16643992.en>. Accessed on 21 November 2024.
- [3] Smith-Vaniz, W.F., 1986. Carangidae. In: (Eds. Whitehead, P.J.P., Bauchot, M.L., Hureau, J.C., Nielsen, J., Tortonese, E.) *Fishes of the Northeastern Atlantic and the Mediterranean*. Vol.II (pp. 815-844). Paris, France, UNESCO, 1473 pp.
- [4] Ben-Tuvia, A., 1971. Revised list of the Mediterranean fishes of Israel. *Israel Journal of Zoology* 20: 1-39.
- [5] El Sayed, H., Akel, K. & Karachle, P.K. The marine ichthyofauna of Egypt. *Egyptian Journal of Aquatic Biology & Fisheries* 21(3): 81-116, 2017.
- [6] Ali-Basha, N., Saad, A., Hamwi, N., & Tufahha, A. First record of pilotfish *Naucrates ductor* (Linnaeus 1758), Carangidae, in the Syrian marine waters (Levantine Basin). *Marine Biodiversity Records*, 14(1): 1-4, 2021. <https://doi.org/10.1186/s41200-021-00202-y>

- [7] Saad, A., Khrema, L., Alnesser, A., Barakat, I. & Capapé, C. The First Substantiated Record of Areolate Grouper *Epinephelus areolatus* (Serranidae) and Additional Records of Pilotfish *Naucrates doctor* (Carangidae) from the Syrian Coast (Eastern Mediterranean Sea). *ANNALES · Ser. hist. nat. · 33* (1), 13-18, 2023.
- [8] Geldiay, R. Important fishes found in the Bay of Izmir and their possible invasions. Monography Faculty of Science, Ege University, 11: 1-135, 1969, [in Turkish].
- [9] Akyol, O. Occurrence of pilotfish *Naucrates ductor* (Carangidae) in Izmir Bay (Aegean Sea). *Turkish Journal of Maritime and Marine Sciences*, 5(1): 17-20, 2019.
- [10] Şen, Y., Daban, İ.B., & Kalemli, C. Additional record of rare pilot fish, *Naucrates ductor* (Linnaeus, 1758) with some biological notes from the northern Aegean Sea, Türkiye. *COMU J. Mar. Sci. Fish*, 6 (2): 95-101, 2023. doi: 10.46384/jmsf.1269077
- [11] Özgül, A. Fish aggregation devices (FADs) applications along the Aegean coast of Turkey. In: (Eds. Katağan, T., Tokaç, A., Beşiktepe, Ş., Öztürk, B.). *The Aegean Sea Marine Biodiversity, Fisheries, Conservation, and Governance* (pp. 394-407), 2015. Turkish Marine Research Foundation (TUDAV), Publication no: 41, Istanbul.
- [12] Gücü, A.C. & Bingel, F., Trawlable species assemblages in the continental shelf of the Northeastern Levant Sea (Mediterranean) with an emphasis on lesseptian migration. *Acta Adriatica* 35: 83-100, 1994.
- [13] Başusta, N., & Erdem Ü. İskenderun Körfezi balıkları üzerine bir araştırma. *Turkish Journal of Zoology*, 24:1-19, 2000, (in Turkish with English abstract).

**SİVRİ BURUN CAMGÖZ KÖPEK BALIĞININ, *Isurus oxyrinchus* RAFINESQUE, 1810, İSKENDERUN KÖRFEZİ'NDE (TÜRKİYE) GÖRÜNÜRLÜĞÜ**

**Prof. Dr., NURİ BAŞUSTA**

FIRAT UNIVERSITY,

nbasusta@firat.edu.tr - 0000-0002-4260-4772

**Prof. Dr., ASİYE BAŞUSTA**

FIRAT UNIVERSITY,

agirgin@firat.edu.tr - 0000-0002-9903-1418

**ÖZET**

Sivri burun camgöz köpekbalığı, *Isurus oxyrinchus* Rafinesque, 1810, yüzeye yakın yüzen ancak aynı zamanda 500 metreye kadar inen son derece aktif epipelajik köpekbalığıdır. *Isurus oxyrinchus*, bazıları avcıları kadar büyük olan çok çeşitli balıkları avlar. Çok tehlikeli, dünya çapında insanlara yönelik birçok saldırı bildirildi. Oldukça değerli av balıkları ve ticari balıkçılık için hedef türler. Erkek ve dişi kısa yüzgeçli mako köpekbalıkları Toplam boyu 86,2 – 104,8 cm ve vücut ağırlığı 4080 – 9071 gr olan bireyler Nisan 2013 ve Mart 2014 tarihlerinde İskenderun Körfezi açıklarında yaklaşık 40-50 m derinlikte parakete ile yakalanmıştır. Türkiye'nin kuzeydoğu Akdeniz kıyısındaki kozmopolitan Sivri burun camgöz köpekbalığının ek kayıtlarını sağlamaktır. Sivri burun camgöz köpekbalığının birbirini izleyen yıllarda benzer dönemlerde aynı bölgede görülmesi, türün üreme alanı potansiyeline işaret etmektedir.

**Anahtar Kelimeler :** Sivri burun camgöz, *Isurus oxyrinchus*, Lamnidae, İskenderun Körfezi

**OCCURRENCE OF SHORTFIN MAKO SHARK, *Isurus oxyrinchus* RAFINESQUE, 1810, IN İSKENDERUN BAY (TÜRKİYE)**

**ABSTRACT**

Shorfin mako shark *Isurus oxyrinchus* Rafinesque, 1810, is extremely active epipelagic shark that swims near the surface but also descends to 500m. *Isurus oxyrinchus* preys on a great variety of fish, some as large as their predator. It is very dangerous, many attacks on humans were reported around the world. Highly esteemed game fish and a target species for commercial fisheries. Male and female shortfin mako sharks Individuals with 86.2 – 104.8 cm in total length and 4080 - 9071 g in body mass were caught with longline at depths of approximately

40-50 m off the coast of Iskenderun Bay on April 2013 and March 2014. This study is to provide additional records of the cosmopolitan shortfin mako shark from the northeastern Mediterranean coast of Türkiye. The sighting of the Shortfin mako shark in the same area in similar periods in successive years indicates the species' potential as a breeding area.

**Keywords :** Shortfin Mako Shark, *Isurus oxyrinchus*, Lamnidae, Iskenderun Bay

## 1. INTRODUCTION

Shortfin mako shark *Isurus oxyrinchus* Rafinesque, 1810, is extremely active epipelagic shark that swims near the surface but also descends to 500m. *Isurus oxyrinchus* preys on a great variety of fish, some as large as their predator. It is very dangerous, many attacks on humans were reported around the world. Highly esteemed game fish and a target species for commercial fisheries. It is distributed worldwide in temperate and tropical waters [1]. This study is to provide additional records of the cosmopolitan shortfin mako shark from the northeastern Mediterranean coast of Türkiye.

## 2. EXPERIMENTAL STUDIES

On April 2013 and March 2014, *Isurus oxyrinchus* samples were caught by commercial longline fishing off Iskenderun Bay, Northeastern Mediterranean at about 40-50 m of depth. The Shortfin Mako sharks samples were transported in the ecophysiology laboratory, Fisheries Faculty, Firat University where they were identified, sexed and photographed. Morphometric measurements of fish samples were taken to the nearest 1 mm and the weight of each fish was taken with a digital scale to the nearest 0.01 g. Fish samples were preserved at the Museum of Fisheries Faculty, Firat University.

## 3. RESULTS AND DISCUSSION

Male and female shortfin mako sharks individuals were examined and their total length and weight were 86.2 – 104.8 cm and 4080 – 9071 g, respectively (Fig. 1).





**Figure 1. *Isurus oxyrinchus* captured Iskenderun Bay, Türkiye (Photo by Nuri Başusta)**

**Table 1. Metric and meristic measurements of *I. Oxyrinchus***

| No                              | 1          | 2          |
|---------------------------------|------------|------------|
| Date                            | April-2013 | March-2014 |
| Sex                             | Male       | Female     |
| Weight                          | 4,080 kg   | 9.071 kg   |
| Total length                    | 86,2 cm    | 104.8 cm   |
| Fork length                     | 76,8 cm    | 98.8 cm    |
| Standard length                 | 69,6 cm    | NA         |
| Precaudal length                | 70,2cm     | 89.9 cm    |
| Pre second dorsal length        | 62,4 cm    | 79 cm      |
| Pre first dorsal length         | 33,8 cm    | 42.4 cm    |
| Head length                     | 23,7 cm    | 31.6 cm    |
| Prebranchial length             | 19,9 cm    | 24.2 cm    |
| Preorbital length               | 7,1 cm     | 8.6 cm     |
| Prepectoral length              | 24,3 cm    | 30.6 cm    |
| Prepelvic length                | 48,9 cm    | 64.3 cm    |
| Preal anal length               | 61,5 cm    | 80.3 cm    |
| eye length                      | 17,48 mm   | 21 mm      |
| Eye height                      | 15,47 mm   | 22 mm      |
| Preoral length                  | 60,22 mm   | 67 mm      |
| Prenarial length                | 44,02 mm   | 55 mm      |
| Intergill length                | 54,19 mm   | 72 mm      |
| Pectoral length                 | 40,70 mm   | 109 mm     |
| Pectoral posterior margin       | 11,4 cm    | 14.2 cm    |
| Pectoral base                   | 42,64 mm   | 67 mm      |
| Pectoral inner margin           | 38,27 mm   | 56 mm      |
| First dorsal anterior margin    | 69,94 mm   | 111 mm     |
| first dorsal base               | 58,56 mm   | 94 mm      |
| first dorsal length             | 80,18 mm   | 114 mm     |
| First dorsal inner margin       | 14,29 mm   | 23 mm      |
| First dorsal posterior margin   | 61,45 mm   | 98 mm      |
| First dorsal heighth            | 54,35 mm   | 95 mm      |
| Dorsal caudal margin            | 17,2 cm    | 23.1 cm    |
| Upper postventral caudal margin | 12,8 cm    | 17.8 cm    |
| Lower postventral caudal margin | 7,7 cm     | 12 cm      |
| Preventral caudal margin        | 12,4 cm    | 16.6 cm    |
| Clasper inner length            | 2,5 cm     |            |
| Clasper outh length             | 5,0 cm     |            |

The shortfin mako shark has occasionally been recorded from all Turkish waters except the Black Sea [2,3,4,5,6,7,8]. Historically, 70 years ago, existence of shortfin mako was

documented from the Aegean Sea (off Marmaris) by Kabasakal & De Maddelena [9]. This species was reported from Urla Bay (İzmir), in the Aegean Sea [10,11]. A few juvenile specimens were recorded from Iskenderun Bay (Eastern Mediterranean) [12] and Saros Bay [13]. More recently, this species was reported from Edremit Bay, Northern Aegean Sea coast of Turkey [14] and also from Izmir Bay, Gokova Bay, and Fethiye Bay (Central and South Aegean Sea, Turkey) [15]. *I. oxyrinchus* generally has a total length of around 200-270 cm. However, Kabasakal and De Maddelena [9] reported that a very large species, approximately 585 cm TL, was caught off the coast of Marmaris in the late 1950s. This species is potentially dangerous to humans and can attack swimmers and boats [16]. Additionally, the shortfin mako shark is an essential target species for its flesh, fins and liver oil.

#### 4.CONCLUSION

This study is to provide additional records of the cosmopolitan shortfin mako shark from the northeastern Mediterranean coast of Türkiye. The sighting of the shorfin mako shark in the same area in similar periods in successive years indicates the species' potential as a breeding area.

#### REFERENCES

- [1] Golani, D., Öztürk, B., Başusta, N. *The Fishes of the Eastern Mediterranean*. Turkish Marine Research Foundation, Publication No. 24. Istanbul, 259 pp., 2006.
- [2] Geldiay, R. Important fishes found in the Bay of Izmir and their possible invasions. Monography Faculty of Science, Ege University, 11: 1-135, 1969, [in Turkish].
- [3] Bilecenoglu, M., Taskavak, E., Mater, S., & Kaya, M. Checklist of the marine fishes of Turkey. Magnolia Press, Zootaxa, 113, 1-194, 2002. doi: 10.11646/zootaxa.113.1.1
- [4] Akyol, O., & Ceyhan, T. Turkish driftnet fishery for Albacore, *Thunnus alalunga* (Actinopterygii: Perciformes: Scombridae), and incidental catches in the Eastern Mediterranean. Acta Ichthyologica et Piscatoria, 42(2), 131-135, 2012. doi: 10.3750/AIP2011.42.2.06
- [5] Akyol, O., Aydın, I., Gülşahin, A., & Kara, A. Records of three uncommon fishes from Izmir Bay (Aegean Sea, Turkey). Journal of Applied Ichthyology, 29, 925-926, 2013 doi: 10.1111/jai.12173
- [6] Kabasakal H. Occurrence of shortfin mako shark, *Isurus oxyrinchus* Rafinesque, 1810, off Turkey's coast. Marine Biodiversity Records. 2015;8:e134. doi:10.1017/S1755267215001104
- [7] Kabasakal, H., & Bilecenoglu, M. Shark infested internet: an analysis of internet-based media reports on rare and large sharks of Turkey. FishTaxa, 16, 8-18, 2020.
- [8] Bilecenoglu, M., Kaya, M., Cihangir, B., & Çiçek, E. 2014. An updated checklist of the marine fishes of Turkey. Turkish Journal of Zoology, 38(6), 901-929, 2014. doi: 10.3906/zoo-1405-60



- [9] Kabasakal, H., & De Maddalena, A. A huge shortfin mako shark *Isurus oxyrinchus* Rafinesque, 1810 (Chondrichthyes: Lamnidae) from the waters of Marmaris, Turkey. *Annales Series Historia Naturalis*, 21, 21-24, 2011.
- [10] Akyol, O., Ceyhan, T., Erdem, M., & Filiz, H. Investigations on the determination of swordfish (*Xiphias gladius* L.) fishing, mortality and by-catch ratios in the Aegean Sea. TUBİTAK Project (No. 108O210) Final Report pp. 142, 2010. [in Turkish].
- [11] Akyol, O., Coker T., & Percin, F. The very rare and little known fishes along the coast of Izmir (Aegean Sea, Turkey) in the past 40 years (1969-2008). *Journal of Applied Ichthyology*, 27, 1337-1345, 2011. doi:10.1111/j.1439-426.2011.01768.x
- [12]Erguden, D., Gurlek, M., & Turan, C. A young *Isurus oxyrinchus* Rafinesque, 1810 (Chondrichthyes: Lamnidae) individual captured from Iskenderun Bay, Turkey. *Mediterranean Marine Science*, 14, 463-480, 2013. doi: 10.12681/mms.676
- [13]Kabasakal, H., & Kabasakal, Ö. First record of a shortfin mako shark, *Isurus oxyrinchus* Rafinesque, 1810 (Chondrichthyes: Lamnidae) from the Bay of Saroz (NE Aegean Sea). *Annales Series Historia Naturalis*, 23(1), 27-32, 2013.
- [14] Tuncer, S., Kabasakal, H. (2016). Capture of a juvenile shortfin mako shark, *Isurus oxyrinchus* Rafinesque, 1810 Chondrichthyes: Lamnidae) in the Bay of Edremit, Northern Aegean Sea Turkey). *Annales Series Historia Naturalis*, 26(1), 31-35.
- [15] Bengil, E. G. T., Akalın, M., Tüney Kızılkaya, İ., & Bengil, F. (2019). Biology of shortfin mako shark (*Isurus oxyrinchus* Rafinesque, 1810) from the Eastern Mediterranean *Acta Aquatica Turcica*, 15(4), 425-432, 2019. doi: 10.22392/actaquatr.545997
- [16] Compagno, L. J. V. *Sharks of the World. An Annotated and Illustrated Catalogue of Shark Species Known to Date: Bullhead, Mackarel and Carpet Sharks (Heterodontiformes, Lamniformes and Orectolobiformes)*. No. 1, Vol. 2, 269 p., 2001. FAO Species Catalogue for Fishery Purposes. Rome: FAO.

## A HEAT-INDUCIBLE EXPRESSION PLASMID FOR THERAPEUTIC APPLICATIONS IN CANCER

**PhD Student, MELEK ACAR**

Atatürk University,

[mlkacar@yahoo.com](mailto:mlkacar@yahoo.com) - <https://orcid.org/0000-0001-5931-7799>

**Assoc. Prof. Dr., YAĞMUR ÜNVER**

Atatürk University,

[yagmurunver@yahoo.com](mailto:yagmurunver@yahoo.com) - <https://orcid.org/0000-0003-1497-081X>

### ABSTRACT

Increasing cancer cases have led to the need to find new treatment methods that can be applied as an alternative to traditional treatments. In gene therapy, one of these treatment methods, a targeted treatment can be applied by expressing the therapeutic gene in the desired cells or tissues. In addition, some disadvantages of the use of therapeutic proteins can be eliminated with gene therapy. The azurin protein produced by *Pseudomonas aeruginosa* selectively enters cancer cells and shows cytostatic and cytotoxic effects. It does not show a significant effect on healthy cells. The p28 region of azurin, consisting of amino acids 50-77, is responsible for its entry into cancer cells. It has been observed that p28 inhibits proliferation, and cell cycle, induces apoptosis and prevents cell migration in various cancer cells. In this study, a heat-inducible expression plasmid was constructed for use in gene therapy. The p28 gene was amplified from pCMV-Azu-GFP. Plasmid containing heat-inducible promoter (pHSP-GFP) and the p28 gene were cut with *KpnI* and *ApaI* to initiate the ligation reaction. The ligation product was transferred to *E. coli* JM109 cells by the heat shock method. Transformants were grown on LB agar containing ampicillin. PCR was performed on the obtained colonies to identify colonies containing the gene. Sanger sequence analysis was performed on plasmids isolated from these colonies. The pHSP-p28 obtained can be used for therapeutic applications in breast cancer, colon cancer, prostate cancer, melanoma or glioblastoma cells.

**Keywords:** Cancer, plasmid, HSP promoter, p28, gene therapy

## 1. INTRODUCTION

When global prescription drug sales are examined, it is seen that the largest share is in oncology drugs. Increasing cancer cases have led to the need to develop new alternative methods to traditional treatment methods. Studies have shown that the anticancer effect of single therapies is lower than multiple therapies (Gurunathan et al., 2018). For example, Nam et al. (2019), found that the combined use of immunotherapy and nanoparticle-based therapy eliminated the tumor and prevented metastasis more effectively than single therapy.

Anticancer proteins and peptides are frequently used in cancer treatment in multiple therapies. (Hamley, 2017; Karpiński & Adamczak, 2018; Solak et al., 2024; Yaghoubi et al., 2020; Zhao et al., 2018). Therapeutic proteins have been used in the treatment of many diseases, especially cancer, for many years. However, proteins in protein therapy have disadvantages such as biological degradation, in vivo instability and high industrial production costs (Han, Mahato, Sung ve Kim, 2000; Ibraheem vd., 2014). For this reason, genes encoding those therapeutic proteins are used instead of proteins in gene therapy. Thus, a single gene transferred to cells can provide protein expression to the extent that the therapeutic effect can occur (Stribley, Rehman, Niu ve Christman, 2002). Among the biological compounds tested preclinically and clinically, the most advantageous ones are peptides. Therapeutic bacterial peptides have the advantages of being small in size, easily synthesized, able to penetrate the cell membrane, easy modification, high bioactivity, absorbability, biodegradability, biocompatibility, and high selectivity and specificity to inhibit the proliferation of different cancer cell lines. In addition, these peptides have very few side effects since they do not accumulate in organs (Yaghoubi et al., 2020).

The azurin protein produced by *Pseudomonas aeruginosa* selectively enters cancer cells and exhibits cytostatic and cytotoxic (apoptotic) effects, while it has no significant effect on normal cells (Huang et al., 2020; Taylor et al., 2009; Unver et al., 2022). Studies show that the region responsible for the entry of azurin into cancer cells (cell membrane penetration) is the region called p28, consisting of amino acids 50-77 (Bernardes et al., 2018). Azurin and p28 have been observed to inhibit proliferation, induce apoptosis, arrest the cell cycle, disrupt membrane structure and prevent cell migration in various cancer cells (Huang et al., 2020; Yaghoubi et al., 2020). Studies also show that p28 inhibits angiogenesis in the tumor by affecting the vascular endothelial growth factor (VEGF), the cytokine responsible for angiogenesis (Huang et al., 2020).

Hyperthermia and gene therapy are often used together in multiple therapies used in cancer treatment (Acar et al., 2022; Liu et al., 2018; Solak et al., 2024; Yin et al., 2016; Zhao et al., 2021). Since researchers want to control the expression of the protein to be used for gene therapy, they activate the promoter by increasing the ambient temperature. Hyperthermia, magnetic hyperthermia and photothermal therapy strategies are frequently used to increase the temperature. The HSP70 promoter of *Drosophila melanogaster* induces gene expression when the temperature increases (Kust et al., 2014). In this way, protein expression from therapeutic DNA will occur only when hyperthermia is applied. For this purpose, in this study, an

expression system was created in which therapeutic protein expression would occur only in the presence of hyperthermia.

## 2. MATERIALS AND METHODS

### 2.1. Microorganism, kits, and media

*E. coli* JM109 strain, GeneJet Plasmid Miniprep Kit, Phusion High-Fidelity DNA Polymerase, DNA ladder, and restriction enzymes were purchased from Thermo Scientific (USA). Luria–Bertani (LB) agar (Neogen), including optionally, 100 µg/mL of ampicillin was used to grow *E. coli* transformants. pHSP-GFP was obtained in our previous study (Solak et al., 2024).

### 2.2. Amplification of p28 sequence

Primers *KpnI*-p28-F (5'-TAATGGTACCCTGAGCACCGCC-3') and *ApaI*-p28-R (5'-TATAGGGCCCTTAGTCGTCGGGCT-3') for p28 sequence were designed. Gradient PCR was applied using Phusion High-Fidelity (HF) DNA Polymerase. pCMV-Azu-GFP was used as template for PCR (Kalakenger et al., 2023). PCR conditions are given in Table 1. The PCR product obtained was verified using agarose gel electrophoresis.

**Table 1.** PCR conditions

| Cycle step                  | Temperature (°C) | Time (sec) | Cycle |
|-----------------------------|------------------|------------|-------|
| <b>Initial denaturation</b> | 98               | 30         | 1     |
| <b>Denaturation</b>         | 98               | 10         | 35    |
| <b>Annealing</b>            | 66/67/68         | 30         |       |
| <b>Extension</b>            | 72               | 15         |       |
| <b>Final extension</b>      | 72               | 5 min      | 1     |
|                             | 4                | ∞          | 1     |

### 2.3. Obtaining of recombinant DNA and transformation of bacteria

The p28 sequence was amplified from pCMV-Azu-GFP using Phusion High-Fidelity DNA Polymerase by PCR (Kalakenger et al., 2023). pHSP-GFP and the amplified p28 sequence were digested with *KpnI* and *ApaI*. Using T4 DNA ligase, the two digested products (p28 and plasmid) were ligated. After ligation, competent *E. coli* JM109 cells were transformed by heat shock method (Acar & Unver, 2022). Subsequently, transformants were selected on LB-ampicillin agar. Verification of transformants was carried out using colony PCR and Sanger sequencing.

## 3. RESULTS

According to the agarose gel image, the PCR product (p28) was obtained correctly at all primer annealing temperatures (Figure 1). In the study, 67 °C was used as the primer annealing temperature.

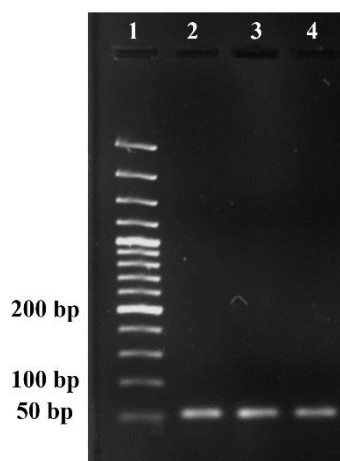


**Figure 1.** Agarose gel electrophoresis results of PCR (1: Marker, 2, 3, and 4: 66, 67, and 68 °C, respectively)

After transformation, cells were cultured on LB agar with 100 µg/mL ampicillin. Colonies were obtained after 24 hours (Figure 2).

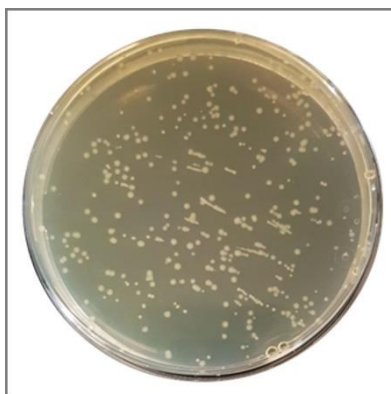


**Figure 2.** Colonies grown on LB agar containing 100 µg/mL ampicillin

Colony PCR was applied by selecting 10 colonies. Plasmid isolation was performed from the colony containing the p28 sequence. After Sanger sequencing, 100% similarity was observed with the p28 sequence (Figure 3 A). The resulting therapeutic plasmid (pHSP-p28) was visualized with SnapGene (Figure 3 B).

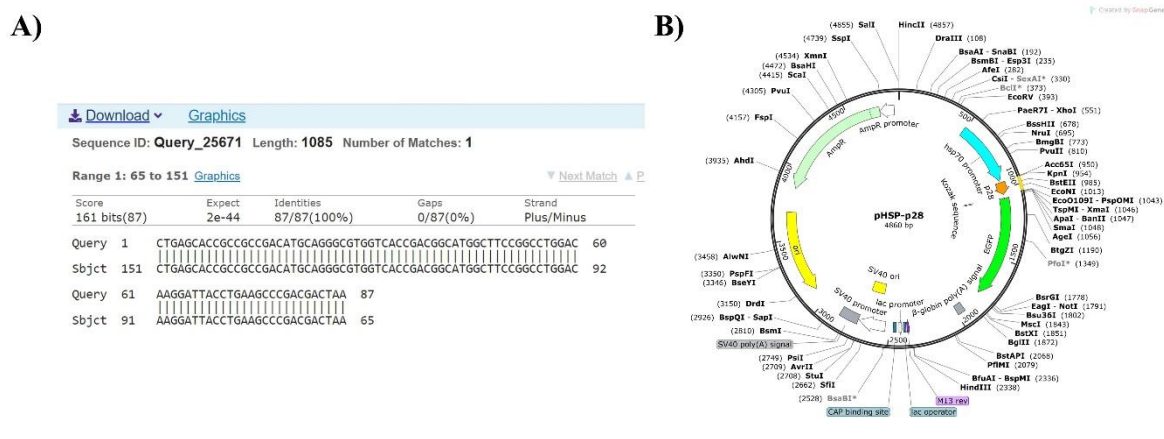


**Figure 3. A)** Blast result (Query: reference sequence, Sbjct: Sequence obtained Sanger analysis) and **B)** Obtained pHSP-p28

#### **4. CONCLUSION**

The heat-inducible expression system obtained can be used in the treatment of many cancers including breast cancer. A more effective anticancer effect can be observed when used with hyperthermia, magnetic hyperthermia and photothermal therapy.

#### **5. ACKNOWLEDGEMENTS**

The authors kindly acknowledge TÜBİTAK (The Scientific and Technological Research Council of Türkiye) (Project Number: 123Z807) for the financial support and DAYTAM (East Anatolia High Technology Application and Research Center, Atatürk University, Erzurum, Türkiye) for the equipment support. M.A. is also thankful for The Council of Higher Education (CoHE, 100/2000) Ph.D. Scholarship Program, Türkiye.

## REFERENCE

- Acar, M., Solak, K., Yildiz, S., Unver, Y., & Mavi, A. (2022). Comparative heating efficiency and cytotoxicity of magnetic silica nanoparticles for magnetic hyperthermia treatment on human breast cancer cells. *3 Biotech*, 12(11), 313. <https://doi.org/10.1007/s13205-022-03377-y>
- Acar, M., & Unver, Y. (2022). Constitutive and extracellular expression of pectin methylesterase from *Pectobacterium chrysanthemi* in *Pichia pastoris*. *3 Biotech*, 12(9), 219. <https://doi.org/10.1007/s13205-022-03291-3>
- Bernardes, N., Garizo, A. R., Pinto, S. N., Caniço, B., Perdigão, C., Fernandes, F., & Fialho, A. M. (2018). Azurin interaction with the lipid raft components ganglioside GM-1 and caveolin-1 increases membrane fluidity and sensitivity to anti-cancer drugs. *Cell Cycle*, 17(13), 1649–1666. <https://doi.org/10.1080/15384101.2018.1489178>
- Gurunathan, S., Kang, M. H., Qasim, M., & Kim, J. H. (2018). Nanoparticle-mediated combination therapy: Two-in-one approach for cancer. *International Journal of Molecular Sciences*, 19(10), 1–37. <https://doi.org/10.3390/ijms19103264>
- Hamley, I. W. (2017). Small Bioactive Peptides for Biomaterials Design and Therapeutics. *Chemical Reviews*, 117(24), 14015–14041. <https://doi.org/10.1021/acs.chemrev.7b00522>
- Han, S., Mahato, R. I., Sung, Y. K., & Kim, S. W. (2000). Development of Biomaterials for Gene Therapy. *Molecular Therapy*, 2(4), 302–317. <https://doi.org/10.1006/mthe.2000.0142>
- Huang, F., Shu, Q., Qin, Z., Tian, J., Su, Z., Huang, Y., & Gao, M. (2020). Anticancer Actions of Azurin and Its Derived Peptide p28. *Protein Journal*, 39(2), 182–189. <https://doi.org/10.1007/s10930-020-09891-3>
- Ibraheem, D., Elaissari, A., & Fessi, H. (2014). Gene therapy and DNA delivery systems. *International Journal of Pharmaceutics*, 459(1–2), 70–83. <https://doi.org/10.1016/j.ijpharm.2013.11.041>
- Kalakenger, S., Yildiz Arslan, S., Turhan, F., Acar, M., Solak, K., Mavi, A., & Unver, Y. (2023). Heterologous Expression of Codon-Optimized Azurin Transferred by Magnetofection Method in MCF-10A Cells. *Molecular Biotechnology*, 0123456789. <https://doi.org/10.1007/s12033-023-00798-9>
- Karpiński, T. M., & Adamczak, A. (2018). Anticancer activity of bacterial proteins and peptides. *Pharmaceutics*, 10(2). <https://doi.org/10.3390/pharmaceutics10020054>
- Kust, N., Rybalkina, E., Mertsalov, I., Savchenko, E., Revishchin, A., & Pavlova, G. (2014). Functional analysis of Drosophila HSP70 promoter with different HSE numbers in human cells. *PLoS ONE*, 9(8), 3–11. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0101994>
- Liu, Y., Shu, G., Li, X., Chen, H., Zhang, B., Pan, H., Li, T., Gong, X., Wang, H., Wu, X., Dou, Y., & Chang, J. (2018). Human HSP70 Promoter-Based Prussian Blue Nanotheranostics for Thermo-Controlled Gene Therapy and Synergistic Photothermal Ablation. *Advanced Functional Materials*, 28(32), 1–12. <https://doi.org/10.1002/adfm.201802026>
- Nam, J., Son, S., Park, K. S., Zou, W., Shea, L. D., & Moon, J. J. (2019). Cancer nanomedicine for combination cancer immunotherapy. *Nature Reviews Materials*, 4(6), 398–414. <https://doi.org/10.1038/s41578-019-0108-1>
- Solak, K., Yildiz Arslan, S., Acar, M., Turhan, F., Unver, Y., & Mavi, A. (2024). Combination



- of magnetic hyperthermia and gene therapy for breast cancer. *Apoptosis*.  
<https://doi.org/10.1007/s10495-024-02026-4>
- Stribley, J. M., Rehman, K. S., Niu, H., & Christman, G. M. (2002). Gene therapy and reproductive medicine. In *Fertility and Sterility* (Vol. 77, Issue 4, pp. 645–657).  
[https://doi.org/10.1016/S0015-0282\(01\)03233-2](https://doi.org/10.1016/S0015-0282(01)03233-2)
- Taylor, B. N., Mehta, R. R., Yamada, T., Lekmine, F., Christov, K., Chakrabarty, A. M., Green, A., Bratescu, L., Shilkaitis, A., Beattie, C. W., & Das Gupta, T. K. (2009). Noncationic peptides obtained from azurin preferentially enter cancer cells. *Cancer Research*, 69(2), 537–546. <https://doi.org/10.1158/0008-5472.CAN-08-2932>
- Unver, Y., Yildiz, S., & Acar, M. (2022). Extracellular production of azurin from *Pseudomonas aeruginosa* in the presence of Triton X-100 or Tween 80. *Bioprocess and Biosystems Engineering*, 45(3), 553–561. <https://doi.org/10.1007/s00449-021-02678-5>
- Yaghoubi, A., Khazaei, M., Avan, A., Hasanian, S. M., Cho, W. C., & Soleimanpour, S. (2020). p28 Bacterial Peptide, as an Anticancer Agent. *Frontiers in Oncology*, 10(August), 1–10. <https://doi.org/10.3389/fonc.2020.01303>
- Yin, P. T., Shah, S., Pasquale, N. J., Garbuzenko, O. B., Minko, T., & Lee, K.-B. (2016). Stem cell-based gene therapy activated using magnetic hyperthermia to enhance the treatment of cancer. *Biomaterials*, 81, 46–57. <https://doi.org/10.1016/j.biomaterials.2015.11.023>
- Zhao, Y., Zhao, T., Cao, Y., Sun, J., Zhou, Q., Chen, H., Guo, S., Wang, Y., Zhen, Y., Liang, X.-J., & Zhang, S. (2021). Temperature-Sensitive Lipid-Coated Carbon Nanotubes for Synergistic Photothermal Therapy and Gene Therapy. *ACS Nano*, 15(4), 6517–6529. <https://doi.org/10.1021/acsnano.0c08790>
- Zhao, Y., Zhao, X., Cheng, Y., Guo, X., & Yuan, W. (2018). Iron Oxide Nanoparticles-Based Vaccine Delivery for Cancer Treatment. *Molecular Pharmaceutics*, 15(5), 1791–1799. <https://doi.org/10.1021/acs.molpharmaceut.7b01103>



## AZURIN AND p28 IN CANCER TREATMENT: APOPTOSIS BASED APPROACHES

**PhD Student, MELEK ACAR**

Atatürk University,

[mlkacar@yahoo.com](mailto:mlkacar@yahoo.com) - <https://orcid.org/0000-0001-5931-7799>

**Assoc. Prof. Dr., YAĞMUR ÜNVER**

Atatürk University,

[yagmurunver@yahoo.com](mailto:yagmurunver@yahoo.com) - <https://orcid.org/0000-0003-1497-081X>

### ABSTRACT

When global prescription drug sales are examined, the largest share belongs to oncology drugs. Cancer is the second leading cause of death in the world. The leading cancer types in terms of new case rates are lung cancer (12.4%) and breast cancer (11.5%). When looking at recently developed alternative cancer treatments, anticancer proteins and peptides attract attention. In particular, therapeutic bacterial peptides have the advantages of being small in size, easily synthesized, able to penetrate the cell membrane, easy modification, high bioactivity, absorbability, biodegradability, biocompatibility and high selectivity and specificity to inhibit the proliferation of different cancer cell lines. In addition, these peptides have very few side effects since they do not accumulate in organs. Azurin is produced by *Pseudomonas aeruginosa* and the p28 peptide, which is the region responsible for its entry into cancer cells (cell membrane penetration), selectively enter cancer cells. They have properties such as inhibition of proliferation, arrest of cell cycle, induction of apoptosis, disruption of membrane structure and prevention of cell migration in cancer cells. Studies have also shown that p28 inhibits angiogenesis in tumors by affecting vascular endothelial growth factor (VEGF), the cytokine responsible for angiogenesis. There is also much evidence showing that the anticancer activity of azurin depends on the presence of p53 protein. Azurin and p28 can be used together with other therapy methods to create multiple therapies with more effective anticancer activity. This study focused on the use of azurin and p28 in different cancer types and their anticancer activities.

**Keywords:** Cancer, therapeutic protein, azurin, p28

## 1. AZURIN/p28

Bacterial proteins have recently attracted attention as anticancer agents. Many therapeutic bacterial proteins have the feature of being an effective drug (Wang et al., 2024). In particular, therapeutic bacterial peptides have the advantages of being small in size, easily synthesized, able to penetrate the cell membrane, easy modification, high bioactivity, absorbability, biodegradability, biocompatibility, and high selectivity and specificity to inhibit the proliferation of different cancer cell lines. Azurin produced by *Pseudomonas aeruginosa* selectively enters cancer cells. The region that allows azurin to penetrate cancer cell membranes is the p28 peptide (Bernardes et al., 2018). Azurin/p28 has properties such as inhibition of proliferation, arrest of cell cycle, induction of apoptosis, disruption of membrane structure and prevention of cell migration in cancer cells (Huang et al., 2020; Yaghoubi et al., 2020). Studies have also shown that p28 inhibits angiogenesis in tumors by affecting vascular endothelial growth factor (VEGF), the cytokine responsible for angiogenesis (Huang et al., 2020). Many researchers have carried out intracellular or extracellular production of azurin/p28 in different organisms such as bacteria (Abuei et al., 2019; Dagci et al., 2024; Unver et al., 2022), yeast (Unver et al., 2021), human cell line (Kalakenger et al., 2023; Solak et al., 2024).

The main aim in cancer treatment is to kill cells by directing them to apoptosis. For this purpose, treatment methods are being developed that will initiate the programmed cell death process (Carneiro & El-Deiry, 2020). Apoptosis can be induced in cancer cells via intrinsic and extrinsic pathways. In the extrinsic apoptosis pathway, apoptosis is activated from outside the cell by interaction of specific cell surface death receptors with proapoptotic ligands. In the cell-intrinsic apoptosis pathway, the proapoptotic Bcl-2 protein family plays a critical role. This pathway, also referred to as the mitochondrial pathway, is activated by the p53 tumor suppressor protein, which stimulates many proapoptotic family members (Ashkenazi, 2008; Carneiro & El-Deiry, 2020; Singh & Lim, 2022).

There is a lot of evidence showing that the anticancer activity of azurin depends on the presence of the p53 protein (Gao et al., 2020; Warso et al., 2013; Yamada et al., 2016). Thus, it provides treatment by inducing apoptosis in cells. Since p28 is smaller compared to azurin, it may provide an advantage in penetrating cancer cells. For example, Mehta et al. (2011) compared azurin and different peptides derived from this protein (p12, p18, p28) and found that azurin, p28 and p18 selectively entered UISO-Mel-2 and Mel-6 cells. In the same study, while a 200  $\mu\text{M}$  concentration of azurin provided inhibition of angiogenesis (inhibition of VEGFR-2 kinase activity), p28 was seen to be effective even at lower concentrations ( $<50 \mu\text{M}$ ). It has also been reported that p28 can bind to p53 mutants as well as wild type p53 and activates p53 mutants in many cancer cell lines (Huang et al., 2020; Signorelli et al., 2017; Yamada, Das Gupta, et al., 2013).

Studies have shown that azurin or p28 also have an effect on p53 null cell lines, but this effect is less than cell lines containing wild-type p53 (Lakshani Dharmawickreme & Witharana, 2021). Punj et al. (2004) showed that azurin was highly cytotoxic for the MCF-7 cell line, while it was less cytotoxic for MDA-MB-231, which is p53<sup>mut</sup>. Other studies have reported that p28 binds to p53 mutants as well as wild-type p53 and activates p53 mutants in a number of cancer cell lines (Huang et al., 2020; Signorelli et al., 2017; Yamada, Das Gupta, et al., 2013). In one study, synthetically obtained p28 peptide was injected into MCF-7 (p53<sup>wt</sup>) and MDA-MB-231

(p53<sup>mut</sup>) xenograft mice (10 or 20 mg kg<sup>-1</sup> i.p. 3 ×/week, 30 days) and p28 was found to reduce the weight of MCF-7 and MDA-MB-231 xenograft tumors by approximately 50% and 60%, respectively, similar to the effect of a non-toxic dose of paclitaxel (Yamada, Christov, et al., 2013). When we look at breast cancer cells with wild-type p53, it was reported that only 29% of MCF-7 (p53<sup>wt</sup>) breast cancer cells survived after 72 hours of treatment with 53 μM azurin, and the viability of ZR-75-1 (p53<sup>wt</sup>) breast cancer cells decreased by 44% after 72 hours of treatment with 100 μM p28 (Huang et al., 2020; Punj et al., 2004; Yamada et al., 2009).

The intracellular levels of p53, which plays a major role in apoptosis, are regulated by a group of ubiquitin E3 ligases that regulate the ubiquitination and proteasomal degradation of p53. One of these ligases is structural morphogenic protein 1 (Cop1). After p28 enters tumor cells, it can preferentially increase the levels of both wild-type and mutated p53 by preventing the binding of COP1 to p53 (Lee & Gu, 2010; Yaghoubi et al., 2020). Thus, proteasomal degradation of p53 is prevented, resulting in increased p53 levels and tumor shrinkage (Yaghoubi et al., 2020). Yamada, Das Gupta, et al. (2013) studied the effect of p28 in breast cancer cells with different p53 properties (wild type p53, p53 with different mutations or null p53) and showed that p28 stabilized and activated p53<sup>mut</sup> in several many cancer cell lines.

In addition, p28 has been shown to inhibit angiogenesis and tumor growth even in p53 null tumors by reducing or suppressing VEGFR-2 activity and phosphorylation (Vascular endothelial growth factor receptor) tyrosine kinase, thereby reducing angiogenesis, or by inhibiting the effects of bFGF (basic fibroblast growth factor) on growth (Lakshani Dharmawickreme & Witharana, 2021; Sereena & Sebastian, 2020).

## 2. CONCLUSION

Azurin/p28 is very important because they selectively lead cancer cells to apoptosis. They are also strong candidates for gene therapy, which has been studied recently. It can also be used in with other therapies, especially when multiple therapies are considered more effective than single therapies. More effective results can be obtained when used in conjunction with hyperthermia, magnetic hyperthermia and photothermal therapy.

## 3. ACKNOWLEDGEMENTS

M.A. is thankful for The Council of Higher Education (CoHE, 100/2000) Ph.D. Scholarship Program, Türkiye.

## REFERENCE

- Abuei, H., Behzad Behbahani, A., Rafiei Dehbidi, G., Pirouzfard, M., Zare, F., & Farhadi, A. (2019). Construction, expression, and purification of p28 as a cell-penetrating peptide with anticancer effects on burkitt's lymphoma cell line. *Shiraz E Medical Journal*. <https://doi.org/10.5812/semj.85190>
- Ashkenazi, A. (2008). Targeting the extrinsic apoptosis pathway in cancer. *Cytokine and Growth Factor Reviews*. <https://doi.org/10.1016/j.cytogfr.2008.04.001>
- Bernardes, N., Garizo, A. R., Pinto, S. N., Caniço, B., Perdigão, C., Fernandes, F., & Fialho, A. M. (2018). Azurin interaction with the lipid raft components ganglioside GM-1 and caveolin-1 increases membrane fluidity and sensitivity to anti-cancer drugs. *Cell Cycle*, 17(13), 1649–1666. <https://doi.org/10.1080/15384101.2018.1489178>
- Carneiro, B. A., & El-Deiry, W. S. (2020). Targeting apoptosis in cancer therapy. *Nature Reviews Clinical Oncology*, 17(7), 395–417. <https://doi.org/10.1038/s41571-020-0341-y>
- Dagci, I., Acar, M., Turhan, F., Mavi, A., & Unver, Y. (2024). Extracellular production of azurin by reusable magnetic Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> nanoparticle-immobilized *Pseudomonas aeruginosa*. *Journal of Biotechnology*, 394(April), 48–56. <https://doi.org/10.1016/j.jbiotec.2024.08.010>
- Gao, M., Zhou, J., Su, Z., Huang, Y., Huang, F., Shu, Q., Qin, Z., Tian, J., Su, Z., Huang, Y., Gao, M., Karpiński, T. M., Adamczak, A., M. Fialho, A., Bernardes, N., M Chakrabarty, A., Nguyen, V. D., Nguyen, T. T., Pham, T. T., ... Chakrabarty, A. M. (2020). Exploring the anticancer potential of the bacterial protein azurin. *Protein Science*, 10(12), 292–303. <https://doi.org/10.1002/pro.3310>
- Huang, F., Shu, Q., Qin, Z., Tian, J., Su, Z., Huang, Y., & Gao, M. (2020). Anticancer Actions of Azurin and Its Derived Peptide p28. *Protein Journal*, 39(2), 182–189. <https://doi.org/10.1007/s10930-020-09891-3>
- Kalakenger, S., Yildiz Arslan, S., Turhan, F., Acar, M., Solak, K., Mavi, A., & Unver, Y. (2023). Heterologous Expression of Codon-Optimized Azurin Transferred by Magnetofection Method in MCF-10A Cells. *Molecular Biotechnology*, 0123456789. <https://doi.org/10.1007/s12033-023-00798-9>
- Lakshani Dharmawickreme, R., & Witharana, C. (2021). Bacterial protein azurin and tumour suppressor p53 in cancer regression. *Advances in Human Biology*, 11(2), 147. [https://doi.org/10.4103/aihb.aihb\\_69\\_20](https://doi.org/10.4103/aihb.aihb_69_20)
- Lee, J. T., & Gu, W. (2010). The multiple levels of regulation by p53 ubiquitination. In *Cell Death and Differentiation*. <https://doi.org/10.1038/cdd.2009.77>
- Mehta, R. R., Yamada, T., Taylor, B. N., Christov, K., King, M. L., Majumdar, D., Lekmine, F., Tiruppathi, C., Shilkaitis, A., Bratescu, L., Green, A., Beattie, C. W., & Das Gupta, T. K. (2011). A cell penetrating peptide derived from azurin inhibits angiogenesis and tumor growth by inhibiting phosphorylation of VEGFR-2, FAK and Akt. *Angiogenesis*, 14(3), 355–369. <https://doi.org/10.1007/s10456-011-9220-6>
- Punj, V., Bhattacharyya, S., Saint-Dic, D., Vasu, C., Cunningham, E. A., Graves, J., Yamada, T., Constantinou, A. I., Christov, K., White, B., Li, G., Majumdar, D., Chakrabarty, A. M., & Das Gupta, T. K. (2004). Bacterial cupredoxin azurin as an inducer of apoptosis and regression in human breast cancer. *Oncogene*, 23(13), 2367–2378. <https://doi.org/10.1038/sj.onc.1207376>
- Sereena, M. C., & Sebastian, D. (2020). Cloning, Expression and Characterization of the Anticancer Protein Azurin from an Indigenous Strain *Pseudomonas aeruginosa* SSj. *International Journal of Peptide Research and Therapeutics*, 26(3), 1223–1230. <https://doi.org/10.1007/s10989-019-09924-1>
- Signorelli, S., Santini, S., Yamada, T., Bizzarri, A. R., Beattie, C. W., & Cannistraro, S. (2017).

- Binding of Amphipathic Cell Penetrating Peptide p28 to Wild Type and Mutated p53 as studied by Raman, Atomic Force and Surface Plasmon Resonance spectroscopies. *Biochimica et Biophysica Acta - General Subjects*, 1861(4), 910–921. <https://doi.org/10.1016/j.bbagen.2017.01.022>
- Singh, P., & Lim, B. (2022). Targeting Apoptosis in Cancer. *Current Oncology Reports*, 24(3), 273–284. <https://doi.org/10.1007/s11912-022-01199-y>
- Solak, K., Yildiz Arslan, S., Acar, M., Turhan, F., Unver, Y., & Mavi, A. (2024). Combination of magnetic hyperthermia and gene therapy for breast cancer. *Apoptosis*. <https://doi.org/10.1007/s10495-024-02026-4>
- Unver, Y., Sensoy Gun, B., Acar, M., & Yildiz, S. (2021). Heterologous expression of azurin from *Pseudomonas aeruginosa* in the yeast *Pichia pastoris*. *Preparative Biochemistry & Biotechnology*, 51(7), 723–730. <https://doi.org/10.1080/10826068.2020.1855444>
- Unver, Y., Yildiz, S., & Acar, M. (2022). Extracellular production of azurin from *Pseudomonas aeruginosa* in the presence of Triton X-100 or Tween 80. *Bioprocess and Biosystems Engineering*, 45(3), 553–561. <https://doi.org/10.1007/s00449-021-02678-5>
- Wang, Y., Wang, Y., Sun, T., & Xu, J. (2024). Bacteriocins in Cancer Treatment: Mechanisms and Clinical Potentials. *Biomolecules*, 14(7), 831. <https://doi.org/10.3390/biom14070831>
- Warso, M. A., Richards, J. M., Mehta, D., Christov, K., Schaeffer, C., Rae Bressler, L., Yamada, T., Majumdar, D., Kennedy, S. A., Beattie, C. W., & Das Gupta, T. K. (2013). A first-in-class, first-in-human, phase i trial of p28, a non-HDM2-mediated peptide inhibitor of p53 ubiquitination in patients with advanced solid tumours. *British Journal of Cancer*, 108(5), 1061–1070. <https://doi.org/10.1038/bjc.2013.74>
- Yaghoubi, A., Khazaei, M., Avan, A., Hasanian, S. M., Cho, W. C., & Soleimanpour, S. (2020). p28 Bacterial Peptide, as an Anticancer Agent. *Frontiers in Oncology*, 10(August), 1–10. <https://doi.org/10.3389/fonc.2020.01303>
- Yamada, T., Christov, K., Shilkaitis, A., Bratescu, L., Green, A., Santini, S., Bizzarri, A. R., Cannistraro, S., Gupta, T. K. D., & Beattie, C. W. (2013). P28, A first in class peptide inhibitor of cop1 binding to p53. *British Journal of Cancer*, 108(12), 2495–2504. <https://doi.org/10.1038/bjc.2013.266>
- Yamada, T., Das Gupta, T. K., & Beattie, C. W. (2013). P28, an anionic cell-penetrating peptide, increases the activity of wild type and mutated p53 without altering its conformation. *Molecular Pharmaceutics*, 10(9), 3375–3383. <https://doi.org/10.1021/mp400221r>
- Yamada, T., Das Gupta, T. K., & Beattie, C. W. (2016). P28-Mediated activation of p53 in G2-M phase of the cell cycle enhances the efficacy of DNA damaging and antimetabolic chemotherapy. *Cancer Research*, 76(8), 2354–2365. <https://doi.org/10.1158/0008-5472.CAN-15-2355>
- Yamada, T., Mehta, R. R., Lekmine, F., Christov, K., King, M. L., Majumdar, D., Shilkaitis, A., Green, A., Bratescu, L., Beattie, C. W., & Das Gupta, T. K. (2009). A peptide fragment of azurin induces a p53-mediated cell cycle arrest in human breast cancer cells. *Molecular Cancer Therapeutics*, 8(10), 2947–2958. <https://doi.org/10.1158/1535-7163.MCT-09-0444>



## SAĞLIK PROFESYONELLERİNE GÜVENİN AKILCI İLAÇ KULLANIMI ÜZERİNE ETKİSİ

**Doç. Dr. Mustafa NAL**

Kütahya Sağlık Bilimleri Üniversitesi, mustafa.nal@ksbu.edu.tr - 0000-0002-3282-1124

**Öğrenci , Ummahan CÖMERT**

Kütahya Sağlık Bilimleri Üniversitesi, umahancomer95@gmail.com - 0009-0007-8489-5225

**Öğrenci , Melike ÖZTÜRK**

Kütahya Sağlık Bilimleri Üniversitesi, melikeozturk182@gmail.com - 0009-0001-4582-0059

### Özet

Bu araştırmanın amacı yaşlı bireylerin sağlık profesyonellerine güven düzeyinin akılcı ilaç kullanımına etkisini ortaya koymak ve temel hedef yaşlı bireylerin akılcı ilaç kullanımını arttırmaktır. Bu araştırma Kütahya’da Eylül ve Aralık 2023 tarihleri arasında 443 yaşlı bireyin katılımı ile gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmada yaşlı bireylerin akılcı ilaç kullanım düzeyinin  $(64.94 \pm 4.94)$  yüksek olduğu ve yaşlı bireylerin sağlık profesyonellerine güven düzeyinin  $(40.05 \pm 5.67)$  yüksek düzeyde olduğu belirlenmiştir. Sağlık profesyonellerine güvenin akılcı ilaç kullanımı üzerine pozitif ve anlamlı düzeyde etkisinin olduğu belirlenmiştir ( $\beta = 0.393$ , %95 CI [2.002, 3.547],  $p < 0,01$ ). Araştırma sonucu sağlık profesyonellerine güvenin yaşlı bireylerin akılcı ilaç kullanımını etkileyen önemli bir faktör olduğunu ortaya koymuştur.

**Anahtar Kelimeler:** Akılcı ilaç kullanımı, sağlık profesyonellerine güven, yaşlılık.

### 1. GİRİŞ

Bu çalışmada akılcı ilaç kullanımının sağlık profesyonellerine duyulan güvenle açıklanıp açıklanmadığını incelenmeye çalışılmıştır. Akılcı İlaç Kullanımı (AİK), Dünya Sağlık. Örgütü (DSÖ) tarafından “Hastaların ilaçları klinik ihtiyaçlarına uygun şekilde, uygun süre ve kişisel gereksinimlerini karşılayacak dozlarda, kendilerine ve topluma en düşük maliyette almalarını sağlayan kurallar bütünü” olarak tanımlanmıştır (WHO, 2002). İlaçların akılcı ilaç kullanımına uygun bir şekilde kullanılmazsa; hastalarda, mortalite ve morbiditede artış, tedavi süresinin uzaması, tedavinin başarısız olması, ilacın yan etkilerinin ortaya çıkması, ilaca karşı direnç oluşması, hastalığın tekrarlaması veya hastanın güveninde ve uyumunda azalma, tedavi maliyetinde artış gibi olumsuz durumlar meydana gelebilmektedir (Afriyie & Tetteh, 2014; Altındış, 2017). DSÖ’ye göre dünya genelinde insanların kullandığı ilaçların %50’den daha fazlası uygun olmayan şekilde reçete edilmektedir. Ayrıca tüketilen ilaçların %50’sinden fazlası da insanlar tarafından doğru olarak kullanılmamaktadır (WHO, 2002). İlaçlar sağlık hizmetinin sunumunda hastalıkların tedavisinde üzerinde önemli faktörlerden biridir.

“Sağlık hizmetleri, sağlığı korumak, geliştirmek, hastalıkları tedavi etmek, sakatlıkları rehabilite etmek için sunulan hizmetlerin tamamı” olarak tanımlanmaktadır (Tengilimoğlu, Akbolat, & Işık, 2015). DSÖ’ye göre sağlık sistemi; “birincil amacı sağlığı iyileştirmek olan ve çeşitli faaliyetler yoluyla insanları hastalık giderlerine karşı koruyan onların bu meşru beklentilerine yanıt verme sürecinde hizmet verdikleri nüfusun sağlığını iyileştirmek için belirlenen politikalar doğrultusunda bir araya getirilen kişi, kurum ve kaynakların tümüdür”

(WHO, 2020). Güven, sağlık hizmetinin sunumunda temel faktörlerden biridir (Rasiah et al., 2020). Özellikle tıbbi faaliyetlerde, hasta-hekim arasındaki ilişkisinin temelini güven oluşturmaktadır (Atıcı, 2007). Tıpta güven, “bir hekimin belirli bir şekilde davranacağına dair bir dizi inanç ve beklentileri” olarak tanımlanmaktadır (Pellegrini, 2017).

Yaşlılık, engellenmesi mümkün olmayan, biyolojik, kronolojik ve sosyal boyutları olan bir süreçtir (Özer & Karabulut, 2003). Yaşlanma, biyolojik ve kronolojik bir olaydır. Biyolojik yönden yaşlanma, dölleme ile başlayıp ve yaşam boyu devam eden bir süreçtir. Yaşlılık, kronolojik açıdan yaşlılık DSÖ’ye göre; 45-59 yaş arası erken yaşlılık, 60-74 yaş arası orta yaşlılık, 75 yaş ve üzeri ileri yaşlılık olarak tanımlanmaktadır. DSÖ’ye göre yaşlılık sınırı ise 65 yaş olarak kabul edilmektedir (Er, 2009). Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK) 2021 verilerine göre; ülkemizde doğuştan beklenen yaşam süresi artmakta ve nüfusumuz yaşlanmaya devam etmektedir. 65 ve üstündeki nüfus, 2016 yılında 6 milyon 651 bin 503 kişi iken son beş yılda %24,0 artarak 2021 yılında 8 milyon 245 bin 124 kişi olmuştur. Yaşlı nüfusun toplam nüfus içindeki oranı ise 2016 yılında %8,3 iken, 2021 yılında %9,7’ye yükselmiştir. Nüfus yapısına göre yaşlı nüfus oranı 2025 yılında %11, 2030 yılında %12,9, 2040 yılında %16,3, 2060 yılında %22,6 ve 2080 yılında %25,6 olması öngörülmektedir (TÜİK, 2022). Sağlık Bakanlığı’na göre, Türkiye’de genel olarak 65 yaş ve üzeri bireylerin %90’ında bir, %35’inde iki, %23’ünde üç ve %14’ünde ise dört veya daha fazla kronik hastalığa sahiptir (Tarhan, Uslu, Kavaklı, Karagülle, & Ozgules, 2020). Yaşlılarda ilaç kullanım oranının fazla olması yaşlılarda akılcı ilaç kullanımının önemini arttırmaktadır. Son yıllarda yaşlı sağlığına yönelik araştırmaların önemli ölçüde artmıştır (Nal & Nal, 2024). Ancak yaşlı bireylerin sağlık profesyonellerine güven düzeyinin akılcı ilaç kullanımı üzerine etkisi inceleyen yeterince araştırma bulunmamaktadır.

Bir işi geliştirmek, başarıyı sağlamak ve başarısız olmamak için güven düzeyini ölçmek gerekmektedir (Thom, Hall, & Pawlson, 2004). Bu açıdan bakıldığında yaşlı bireylerin akılcı ilaç kullanım düzeyini belirlemek ve akılcı ilaç kullanımını etkileyen faktörlerin ortaya konulması araştırmacı ve politika yapıcılara katkı sağlamanın yanında yaşlı bireylerin sağlığı ve ülke ekonomisi açısından önemli bir konudur. Literatür incelendiğinde Türkiye’de sağlık profesyonellerine güven düzeyini ölçmeye çalışan az sayıda araştırma vardır (Dinç, Korkmaz, & Karabulut, 2013; Ertong, 2011; Nal, 2021; Usta, 2016). Daha önce yapılan çalışmalarda sadece katılımcıların sağlık sistemine güven düzeyini etkileyen sosyodemografik faktörler incelenmiştir. Daha önce yapılan araştırmalar akılcı ilaç kullanımının cinsiyet, yaş, ekonomik durum, eğitim gibi değişkenlere göre farklılık gösterdiği sonucu ortaya koymuştur (Erkoç & Güner, 2021; Say Şahin, Özer, & Zubaroğlu Yanardağ, 2018; Saygılı, Kandemir, Kaya, & Sönmez, 2020). Bu araştırmanın amacı yaşlı bireylerin sağlık profesyonellerine güven düzeyinin akılcı ilaç kullanımına etkisini ortaya koymak ve temel hedef yaşlı bireylerin akılcı ilaç kullanımını arttırmaktır. “Sağlık profesyonellerine güven, bireyin kendisine sağlık hizmeti sunan sağlık personeline (hekim, hemşire, vb.) yönelik güven duygusunu” ifade etmektedir (Nal, 2021).

## 2. GEREÇ VE YÖNTEM

### 2.1. Araştırma Tasarımı ve Katılımcılar



Bu araştırma Türkiye’de Kütahya ilinde 01.09.2023 – 31.12.2023 tarihleri arasında gerçekleştirildi. TÜİK verilerine göre 2021 yılında Kütahya ilinde ikamet eden 65 yaş üstü 80370 birey yaşamaktadır (TÜİK, 2022). Araştırmanın evrenini Kütahya ilinde ikamet eden 65 yaş üstü 80370 birey oluşturmaktadır. Araştırmanın örnekleme, evreni bilinen örneklem sayısı hesaplama formülüne göre belirlenmiştir. Örneklem hesaplama örneklem sayısı en az 383 olarak bulunmuştur (%95 güven, %5 hata). Örneklem seçme yöntemi olarak, kolayda örnekleme yöntemi kullanılmıştır. Bu araştırma 443 yaşlı bireyin katılımı ile gerçekleştirilmiştir.

Kütahya Sağlık Bilimleri Üniversitesi Girişimsel Olmayan Klinik Araştırmalar Etik Kurulu’ndan etik onay alındı (30.05.2023 tarih ve 2023/07-12 sayılı). Araştırma yürütülürken Helsinki Deklarasyonuna uygun hareket edilmiş, bilimsel ve evrensel etik ilkelere uyulmuştur.

## 2.2. Veri Toplama Araçları

Araştırmada kullanılacak veri toplamı aracı, “Sosyodemografik Bilgi Formu” ve “Sağlık Hizmetleri Sistemi Çok Boyutlu Güven Ölçeği”, Akılcı İlaç Kullanımı Ölçeği olmak üzere üç bölümden oluşmaktadır.

### 2.2.1. Sosyodemografik Bilgi Formu

Bu formda, katılımcıların yaş, cinsiyet, medeni durum, eğitim düzeyi, gelir miktarı, sağlık sigortası türü gibi ifadeler bulunmaktadır.

### 2.2.2. Sağlık Hizmetleri Sistemi Çok Boyutlu Güven Ölçeği

Yaşlı bireylerin sağlık profesyonellerine güven düzeyini ölçmek için Egede ve Ellis (2008) tarafından geliştirilen ve Dinç ve diğerleri (2013) tarafından Türkçeye uyarlanan “Sağlık Hizmetleri Sistemi Çok Boyutlu Güven Ölçeği” kullanılmıştır. Ölçek, sağlık profesyonellerine güven, sağlık giderini karşılayan kuruma güven ve sağlık kurumlarına güven olmak üzere üç boyuttan oluşmaktadır. Sağlık profesyonellerine güven boyutu 10 ifadeden oluşmaktadır. Ölçeğin en düşük toplam puanı 10, en yüksek toplam puanı ise 50, ölçeğin ortalama puanı ise 25’tir. Ölçeğin ortalama puanı 50’ye ne kadar yakın ise sağlık profesyonellerine güven de o kadar yüksek olarak değerlendirilmektedir. Bu çalışmada Sağlık Profesyonellerine Güven Boyutu Cronbach's alfa değeri 0,95 olarak tespit edilmiştir.

### 2.2.3. Akılcı İlaç Kullanım Ölçeği

Katılımcıların akılcı ilaç kullanım düzeyini ölçmek için Çakmak ve Çınar Pakyüz (2020) tarafından geliştirilen Akılcı İlaç Kullanım Ölçeği (AİKÖ) kullanılmıştır. Ölçek 36 ifadeden oluşmaktadır. Ölçeğin davranışsal inançlar, kontrol inançları, tutum, subjektif norm, niyet ve bilgi olmak üzere 6 alt boyuttan oluşmaktadır. Ölçek maddelerin puanlaması için; hiçbir zaman (0), bazen (1) ve her zaman (2). Bu çalışmada Akılcı İlaç Kullanımı Ölçeği Cronbach's alfa değeri 0,95 olarak tespit edilmiştir.

## 2.3. Analiz

Verilerin analizinde IBM SPSS 25.0 paket programı kullanılmıştır. Değişkenler arasındaki ilişkiyi tespit etmek için Pearson Korelasyon Testi, bağımsız değişkenin bağımlı değişken

üzerindeki etkisini test etmek için Basit doğrusal Regresyon Analizi yapılmıştır. İstatistiksel anlamlılık için  $p < 0,05$  anlamlı kabul edildi.

### 3. SONUÇLAR VE DEĞERLENDİRME

Bu araştırma 443 katılımcı ile gerçekleştirilmiştir. Katılımcıların demografik özelliklerine ait bulgular Tablo 1’de gösterilmiştir. Katılımcıların %81.5’i 65-74 yaş aralığında, %18.5’i 75 yaş ve üzerinde, % 52.6’sı erkek, %78.6’sı ilköğretim mezunu, % 66.6’sı 10.000TL altında gelire sahip, %91.6’sı kamu sağlık kuruluşunu tercih etmekte ve %95.9’u kronik hastalığa sahiptir. Katılımcıların sağlık sistemine güven ve akılcı ilaç kullanımının sosya demografik özelliklerine göre farklılık durumları incelenmiş ve analiz sonuçları Tablo 1’de gösterilmiştir.

**Çizelge 1.** Katılımcıların Özellikleri

|                                  |                      | N   | %    |
|----------------------------------|----------------------|-----|------|
| Yaş                              | 65-74                | 361 | 81.5 |
|                                  | ≥ 75                 | 82  | 18.5 |
| Cinsiyet                         | Kadın                | 210 | 47.4 |
|                                  | Erkek                | 233 | 52.6 |
| Tercih edilen sağlık kuruluşları | Kamu                 | 406 | 91.6 |
|                                  | Özel                 | 37  | 8.4  |
| Kronik hastalık                  | Evet                 | 425 | 95.9 |
|                                  | Hayır                | 18  | 4.1  |
| Gelir miktarı                    | <10.000 TL           | 288 | 65.0 |
|                                  | ≥10.000 TL           | 155 | 35.0 |
| Eğitim seviyesi                  | Okuma yazma bilmiyor | 36  | 8.1  |
|                                  | İlköğretim           | 348 | 78.6 |
|                                  | Lise                 | 47  | 10.6 |
|                                  | Üniversite           | 12  | 2.7  |

Sağlık

profesyonellerine güven ile akılcı ilaç kullanımı arasındaki ilişkiyi tespit etmek için Pearson Korelasyon analizi yapılmış ve analiz sonuçları Tablo 2’de gösterilmiştir. Analiz sonucunda sağlık profesyonellerine güven ile davranışsal inançlar arasında pozitif yönde orta düzeyde ilişki olduğu belirlenmiştir ( $r=0,356$ ;  $p<0,01$ ). Sağlık profesyonellerine güven ile kontrol inançları arasında pozitif yönde zayıf düzeyde ilişki olduğu belirlenmiştir ( $r=0,223$ ;  $p<0,01$ ). Sağlık profesyonellerine güven ile tutum arasında pozitif yönde zayıf düzeyde ilişki olduğu belirlenmiştir ( $r=0,210$ ;  $p<0,01$ ). Sağlık profesyonellerine güven ile subjektif norm arasında pozitif yönde zayıf düzeyde ilişki olduğu belirlenmiştir ( $r=0,156$ ;  $p<0,01$ ). Sağlık profesyonellerine güven ile niyet arasında pozitif yönde zayıf düzeyde ilişki olduğu belirlenmiştir ( $r=0,107$ ;  $p<0,05$ ). Sağlık profesyonellerine güven ile bilgi arasında anlamlı bir ilişki olmadığı belirlenmiştir ( $r=0,029$ ;  $p>0,05$ ). Sağlık profesyonellerine güven ile akılcı ilaç kullanımı arasında pozitif yönde orta düzeyde ilişki olduğu belirlenmiştir ( $r=0,319$ ;  $p<0,01$ ).

**Çizelge 2.** Korelasyon Analizi (n=443)

|                                             | M ± SD     |          | 1       | 2       | 3 | 4 | 5 |
|---------------------------------------------|------------|----------|---------|---------|---|---|---|
| Sağlık profesyonellerine güven <sup>1</sup> | 40.05±5.67 | <i>r</i> | 1       |         |   |   |   |
| Davranışsal inançlar <sup>2</sup>           | 16.63±1.81 | <i>r</i> | 0.356** | 1       |   |   |   |
| Kontrol inançları <sup>3</sup>              | 12.31±1.32 | <i>r</i> | 0.223** | 0.624** | 1 |   |   |

|                                           |            |          |         |         |         |         |         |
|-------------------------------------------|------------|----------|---------|---------|---------|---------|---------|
| <b>Tutum</b> <sup>4</sup>                 | 6.25±2.39  | <b>r</b> | 0.210** | 0.581** | 0.501** | 1       |         |
| <b>Subjektif norm</b> <sup>5</sup>        | 3.88±0.46  | <b>r</b> | 0.156** | 0.177** | 0.170** | 0.165** | 1       |
| <b>Niyet</b> <sup>5</sup>                 | 9.87±0.49  | <b>r</b> | 0.107*  | 0.077   | 0.139** | 0.075   | 0.513** |
| <b>Bigi</b> <sup>6</sup>                  | 15.97±0.18 | <b>r</b> | 0.029   | 0.059   | 0.073   | 0.079   | 0.237** |
| <b>Akılcı ilaç kullanımı</b> <sup>7</sup> | 64.94±4.94 | <b>r</b> | 0.319** | 0.843** | 0.773** | 0.858** | 0.345** |

Pearson correlation analysis, \* $p < 0,05$ , \*\* $p < 0,01$

Bu çalışmada yaşlı bireylerin akılcı ilaç kullanım düzeyinin (64.94±4.94) yüksek olduğu belirlenmiştir. Sağlık sistemine güvenin akılcı ilaç kullanımı üzerine etkisini belirlemek için doğrusal regresyon analizi yapılmıştır. Analiz sonuçları Tablo 3'te sunulmuştur. Analiz sonucuna göre sağlık profesyonellerine güvenin davranışsal inançlar üzerine pozitif ve anlamlı düzeyde etkisinin olduğu belirlenmiştir ( $\beta = 0.356$ , %95 CI [0.80, 1.421],  $p < 0,01$ ). Sağlık profesyonellerine güvenin kontrol inançları üzerine pozitif ve anlamlı düzeyde etkisinin olduğu belirlenmiştir ( $\beta = 0.223$ , %95 CI [0.307, 0.734],  $p < 0,01$ ). Sağlık profesyonellerine güvenin tutum üzerine pozitif ve anlamlı düzeyde etkisinin olduğu belirlenmiştir ( $\beta = 0.210$ , %95 CI [0.497, 1.268],  $p < 0,01$ ). Sağlık profesyonellerine güvenin subjektif norm üzerine pozitif ve anlamlı düzeyde etkisinin olduğu belirlenmiştir ( $\beta = 0.353$ , %95 CI [0.070, 0,116],  $p < 0,01$ ). Sağlık profesyonellerine güvenin niyet üzerine pozitif ve anlamlı düzeyde etkisinin olduğu belirlenmiştir ( $\beta = 0.107$ , %95 CI [0.012, 0,175],  $p < 0,01$ ). Sağlık profesyonellerine güvenin akılcı ilaç kullanımı üzerine pozitif ve anlamlı düzeyde etkisinin olduğu belirlenmiştir ( $\beta = 0.393$ , %95 CI [2.002, 3.547],  $p < 0,01$ ).

**Çizelge 3.** Regresyon analizi sonuçları

| Değişkenler                 | $r^2$ | <b>B</b> | <b>SH</b> | $\beta$ | <b>t</b> | <b>95% CI</b> | <b>p</b> |
|-----------------------------|-------|----------|-----------|---------|----------|---------------|----------|
| SPG → Davranışsal inançlar  | 0.127 | 0.140    | 0.143     | 0.356   | 8.001    | 0.80, 1.421   | 0.000    |
| SPG → Kontrol inançları     | 0.050 | 0.521    | 0.108     | 0.223   | 4.801    | 0.307, 0.734  | 0.000    |
| SPG → Tutum                 | 0.044 | 0.883    | 0.196     | 0.210   | 4.500    | 0.497, 1.268  | 0.000    |
| SPG → Subjektif norm        | 0.024 | 0.156    | 0.012     | 0.353   | 7.930    | 0.070, 0,116  | 0.000    |
| SPG → Niyet                 | 0.011 | 0.094    | 0.041     | 0.107   | 2.259    | 0.012, 0,175  | 0.024    |
| SPG → Akılcı ilaç kullanımı | 0.102 | 2.775    | 0.393     | 0.319   | 7.063    | 2.002, 3.547  | 0.000    |

SPG: Sağlık profesyonellerine güven, SH: standart hata; B: standartlaştırılmamış katsayı;  $\beta$ : standartlaştırılmış katsayı.

## TARTIŞMA

Bu araştırmada sağlık profesyonellerine güvenin yaşlı bireylerin akılcı ilaç kullanımı düzeylerini etkileyip etkilemediği incelenmiştir. Bualışmada yaşlı bireylerin sağlık profesyonellerine güven düzeyinin ( $40.05 \pm 5.67$ ) yüksek olduğu belirlenmiştir. Türkiye’de daha önce yapılan araştırmalarda da sağlık profesyonellerine güven düzeyinin yüksek olduğu belirlenmiştir (Din et al., 2013; Nal, 2021). Bualışmanın sonuçları literatürdeki araştırma sonuçlarını destekler niteliktedir.

Bualışmada yaşlı bireylerin akılcı ilaç kullanımı düzeyinin ( $64.94 \pm 4.94$ ) yüksek olduğu belirlenmiştir. Bayer & Uzuntarla (2022) kronik hastalığı olan yaşlı bireyler üzerinde yaptığı araştırmada katılımcıların akılcı ilaç kullanımının düşük düzeyde ( $33,55 \pm 3,16$ ) olduğunu belirlemiştir. Semerci ve diğerleri (2022) tarafından yapılan araştırmada yaşlı bireylerin akılcı ilaç kullanma düzeylerinin ( $57,57 \pm 7,75$ ) yüksek olduğu belirlenmiştir. Literatrdealışma sonuçlarımızı destekleyen araştırma sonuçları olmasına rağmen sonuçlarımızı desteklemeyen sonuçlar da vardır. Bu durumun nedeni örneklem gruplarının kendilerine has bazı özelliklerinden kaynaklanıyor olabilir. Ya da farklı aracı değişkenler yaşlı bireylerin akılcı ilaç kullanma durumlarını etkiliyor olabilir.

Bualışmada sağlık profesyonellerine güvenin akıllı ilaç kullanımını arttırdığı belirlenmiştir. Tian, Yu, & Dai (2022)Çin’de yaptıkları bir araştırmada hemşirelere duyulan güvenin, bronkopnmonili hastalarda klinik semptomları azalttığı, yaşam kalitesini attırdığı, öz yönetim yeteneğini, uyumu ve hastalardaki memnuniyet oranını arttırdığını belirlemişlerdir. Borah & Hwang (2022) yaptıklarıalışmada doktor-hasta iletişiminin hastaların hekimlere olan güvenini oluştırmada önemli bir rol oynadığını ve hekimlere güvenin ise aşılama tutumlarını ve H1N1 aşılama davranışını olumlu yönde etkilediğini saptamışlardır. Bu araştırmanın sonuçları ile diğer araştırmaların sonuçları benzerlik göstermektedir.

## SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu araştırmada yaşlı bireylerin sağlık profesyonellerine güvenmesi yaşlı bireylerin akılcı ilaç kullanımlarını arttırdığı belirlenmişti. Bu nedenle sağlık profesyonellerinin kendilerine duyulan güveni arttırıcı davranışta bulunmasını öneriyoruz. Bunu için sağlık profesyonelleri yaşlı bireylerle açık, anlaşılır ve empatik bir iletişim kurabilirler. Bilgi paylaşımı sürecinde yaşlı bireylerin sorularını rahatlıkla sorabilecekleri ve kendilerini ifade edebilecekleri bir ortam sağlanabilir. Sağlık profesyonellerinin yaşlı bakımı ve iletişim becerileri konularında eğitim almaları sağlanabilir.

Literatürdeki araştırma sonuçları yaşlı bireylerin akılcı ilaç kullanma durumlarında farklılıklar olduğunu göstermektedir. Gelecekteki araştırmalarda bu farklılığın hangi aracı değişkenler tarafından etkilendiği incelenebilir.

**Finansman Desteği:** Bualışma, Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu (TÜBİTAK) Bilim İnsanı Destekleme Programları Daire Başkanlığı tarafından 2209-A niversite ğrencileri Araştırma Projeleri Destekleme Programı kapsamında 1919B012219277 başvuru numarası ile desteklenmiştir.

## KAYNAKLAR

- Afriyie, D. K., & Tetteh, R. A. (2014). Description of the pattern of rational drug use in ghana police hospital. *International Journal of Pharmacy and Pharmacology*, 3(1), 143–148.
- Altındış, S. (2017). Akılcı ilaç kullanımına sistematik bir bakış. *Journal of Biotechnology and Strategic Health Research*, 1(2), 34–38.
- Atıcı, E. (2007). Hasta - hekim ilişkisini etkileyen unsurlar. *Uhudağ Üniversitesi Tıp Fakültesi Dergisi*, 33(2), 91–96.
- Bayer, N., & Uzuntarla, Y. (2022). Investigation of rational drug use and traditional medicine attitudes of elderly individuals with chronic diseases. *Journal of Social and Analytical Health*, 2(1), 21–27.
- Borah, P., & Hwang, J. (2022). Trust in Doctors, Positive Attitudes, and Vaccination Behavior: The Role of Doctor–Patient Communication in H1N1 Vaccination. *Health Communication*, 37(11), 1423–1431. <https://doi.org/10.1080/10410236.2021.1895426>
- Dinç, L., Korkmaz, F., & Karabulut, E. (2013). A validity and reliability study of the multidimensional trust in health-care systems scale in a Turkish patient population. *Social Indicators Research*, 113(1), 107–120. <https://doi.org/10.1007/s11205-012-0084-y>
- Er, D. (2009). Psikososyal Açıdan Yaşlılık. *Fırat Sağlık Hizmetleri Dergisi*, 4(11), 1–8.
- Erkoç, B., & Güner, T. A. (2021). Engelli bireye sahip ailelerin akılcı ilaç kullanımına ilişkin tutum ve davranışlarının belirlenmesi. *Sağlık Akademisyenleri Dergisi*, 8(1), 14–20.
- Ertong, G. (2011). Niklas Luhmann’ın Sosyal Sistemler Kuramı ve Güven Tartışmaları Bağlamında Sağlık Sistemi. *Ankara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 2(2), 3–26. [https://doi.org/10.1501/sbder\\_0000000032](https://doi.org/10.1501/sbder_0000000032)
- Nal, M. (2021). Türkiye’de Sağlık Hizmetleri Sistemine Güven. *Bandırma Onyediy Eylöl Üniversitesi Sağlık Bilimleri ve Araştırmaları Dergisi*, 3(1), 1–10. <https://doi.org/10.46413/boneyusbad.863269>
- Nal, M., & Nal, B. (2024). An Overview of Research in the Field of Elderly Health: Bibliometric Analysis. *The Journal of Geriatric Science*, 7(1), 20–29. <https://doi.org/10.47141/geriatrik.1382709>
- Özer, M., & Karabulut, Ö. (2003). Yaşlılarda Yaşam Doyumu. *Türk Geriatri Dergisi*, 6(2), 72–74.
- Pellegrini, C. A. (2017). Trust: the keystone of the patient-physician relationship. *Ournal of the American College of Surgeons*, 224(2), 95–102. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jamcollsurg.2016.10.032>
- Rasiah, S., Jaafar, S., Yusof, S., Ponnudurai, G., Chung, K. P. Y., & Amirthalingam, S. D. (2020). A study of the nature and level of trust between patients and healthcare providers, its dimensions and determinants: a scoping review protocol. *BMJ Open*, 10(1), e028061. <https://doi.org/10.1136/bmjopen-2018-028061>

- Say Şahin, D., Özer, Ö., & Zubaroğlu Yanardağ, M. (2018). Yaşlı Bireylerin İlaç Kullanımına İlişkin Davranışlarının Sosyo-Demografik Değişkenler Açısından İncelenmesi. *Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 6(1), 15–25.  
<https://doi.org/10.24998/maeusabed.420301>
- Saygılı, M., Kandemir, A., Kaya, M., & Sönmez, S. (2020). Eczaneye Başvuran Hastalarda Akılcı İlaç Kullanımı. *Uluslararası Sağlık Yönetimi ve Stratejileri Araştırma Dergisi*, 6(2), 529–540.
- Semerci, V., Sönmez Sarı, E., & Akeren, Z. (2022). Huzurevinde yaşayan yaşlı bireylerde akılcı ilaç kullanımının belirlenmesi. *1. International Congress Of Gerontology*, 241–247. Sivas.
- Tarhan, G., Uslu, A. U., Kavaklı, O., Karagülle, M., & Ozgules, B. (2020). Rational drug use in elderly patients. *Osmangazi Journal of Medicine*, 42(2), 130–139.
- Tengilimoğlu, D., Akbolat, M., & Işık, O. (2015). *Sağlık İşletmeleri Yönetimi*. Ankara: Nobel Yayıncılık.
- Thom, D. H., Hall, M. A., & Pawlson, L. G. (2004). Measuring Patients' Trust In Physicians When Assessing Quality Of Care. *Health Affairs*, 23(4), 124–132.  
<https://doi.org/10.1377/hlthaff.23.4.124>
- Tian, L., Yu, W., & Dai, Q. (2022). Building Patient Trust in Nurses Can Improve Respiratory Function, Quality of Life and Self-Management Ability in Patients with Bronchopneumonia. *Alternative Therapies in Health and Medicine*, 28(4), 60–64.
- TÜİK. (2022). İstatistiklerle Yaşlılar, 2021. Erişim: 10.11.2022.
- Usta, D. (2016). *Hastaların Sağlık Bakım Sistemine Duydukları Güven*. Yüksek Lisans Tezi, Hacettepe Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- WHO. (2002). Promoting rational use of medicines: core components. WHO Policy Perspectives on Medicines no5 .
- WHO. (2020). Retrieved October 23, 2020. Erişim Tarihi: 10.05.2023.



## DEFANSİF TIP ARAŞTIRMALARINA GENEL BAKIŞ: BİBLİYOMETRİK ANALİZ

**Doç. Dr. Mustafa NAL**

Kütahya Sağlık Bilimleri Üniversitesi, mustafa.nal@ksbu.edu.tr - [0000-0002-3282-1124](mailto:0000-0002-3282-1124)

**Öğrenci, Ummahan CÖMERT**

Kütahya Sağlık Bilimleri Üniversitesi, umahancomer95@gmail.com - 0009-0007-8489-5225

### ÖZET

Bu araştırmanın amacı defansif tıp alanında yazılmış eserleri bibliyometrik bir bakış açısıyla değerlendirilmesidir. Araştırmanın verileri Scopus veri tabanından 4 Kasım 2024 tarihinde alınmıştır. Eser taramasında “başlık, anahtar kelime ve özet” içinde “defensive medicine” kelimesi geçen eserler aranmıştır. Bu kriterleri taşıyan 1869 eser incelemeye alınmıştır. Verilerin analizinde WOSviewer 1.6.18 programı kullanılmıştır. WOSviewer programında kümeleme, yoğunluk ve haritalama analizleri yapılmıştır. Bu alanda ilk eserin 1972 yılında yayınlandığı, en çok eserin (f=96) 2015 yılında yapıldığı, en çok makale (f=1211) türünde yayın yapıldığı, en çok fon desteği sağlayan ve en çok yayın yapan ülkenin Amerika Birleşik Devletleri olduğu belirlenmiştir. Araştırma sonuçları, defansif tıp konusunun multidisipliner bir araştırma alanı olduğunu ve araştırmalara fon desteği sağlama ile yayın sayısı arasında ilişki olabileceğini göstermektedir.

**Anahtar Kelimeler:** Bibliyometrik analiz, defansif tıp, Scopus.

### 1. GİRİŞ

Defansif tıp son yıllarda sağlık sektöründe tartışılan konulardan biri haline gelmiştir. Defansif tıp, sorumluluk tehdidiyle motive edilen doğru tıbbi uygulamadan bir sapmadır (Kessler & McClellan, 1996). Defansif tıp iyi belgelenmiş bir olgudur ve aşırı klinik aktiviteye yol açan, aşırı araştırma, gereksiz randevular ve ek müdahaleler gibi hastaların aşırı dikkatli yönetimi uygulamasını ifade eder (Vento et al., 2018).

Defansif tıp uygulamalarının sebepleri arasında hasta-hekim iletişimi, medyanın etkisi, şiddet, hekimlerin iş yükünün artması ve malpraktis davalarıdır (Can et al., 2024). Defansif tıp uygulaması, belirsizlik karşısında klinisyenleri rahatlatılabilir ve genellikle tıbbi-yasal iddialara karşı bir miktar hafifletme sağlayabilir (Hermer & Brody, 2010). Ancak defansif tıp uygulamasında hekim hastanın menfaatlerini değil doğrudan kendini korumayı amaçlamaktadır. Bu nedenle “önce zarar verme” ilkesinden uzaklaşarak, “önce kendine zarar verme” ilkesini benimsemektedir (Aykın & Çınarlı, 2016).

Defansif tıp uygulamaları hem hasta üzerinde gereksiz işlemler yapılmasına hem de bireysel ve kamusal açıdan mali yüke neden olmaktadır. Defansif tıp uygulamaları Amerika Birleşik Devletleri’nde yıllık 60 milyar dolardan daha fazla ekstradan sağlık harcamalarına neden olmaktadır (Yan et al., 2017). Defansif tıp uygulamaları hekimlerin mesleki gelişimini



olumsuz etkilemekte ve gereksiz iş ve işlemlerle zaman kaybına neden olmaktadır. Ayrıca hastaların gereksiz işlemlerle hasta sağlığını riske atmakta, sağlık hizmetine erişimi kısıtlamakta ve sağlık sistemine güveni azaltmaktadır (Mansur & Ceylan, 2021). Birçok olumsuz etkisinden dolayı defansif tıp uygulaması, sağlık sektörünün tüm paydaşları için önemli bir konudur.

Defansif tıp konusunda birçok araştırma yapılmış ancak bu alanda yeterince bibliyometrik analiz çalışması bulunmamaktadır. Bu araştırmanın amacı defansif tıp alanında yazılmış eserleri bibliyometrik bir bakış açısıyla değerlendirilmeştir. Araştırmada kapsamından bu alanda yayınlanmış eserleri yayınların yıllara göre dağılımı, eserlerin atıf analizi, araştırmanın yapıldığı ülke, araştırma yapan kurum, en çok fon sağlayan kuruluş açısından incelenmiştir. Araştırma sonuçları, defansif tıp konusunda yapılacak olan çalışmalar ve bilimsel stratejiler için yararlı öneriler sunmaktadır.

## 2. YÖNTEM

### 2.1. Araştırmanın Yöntemi

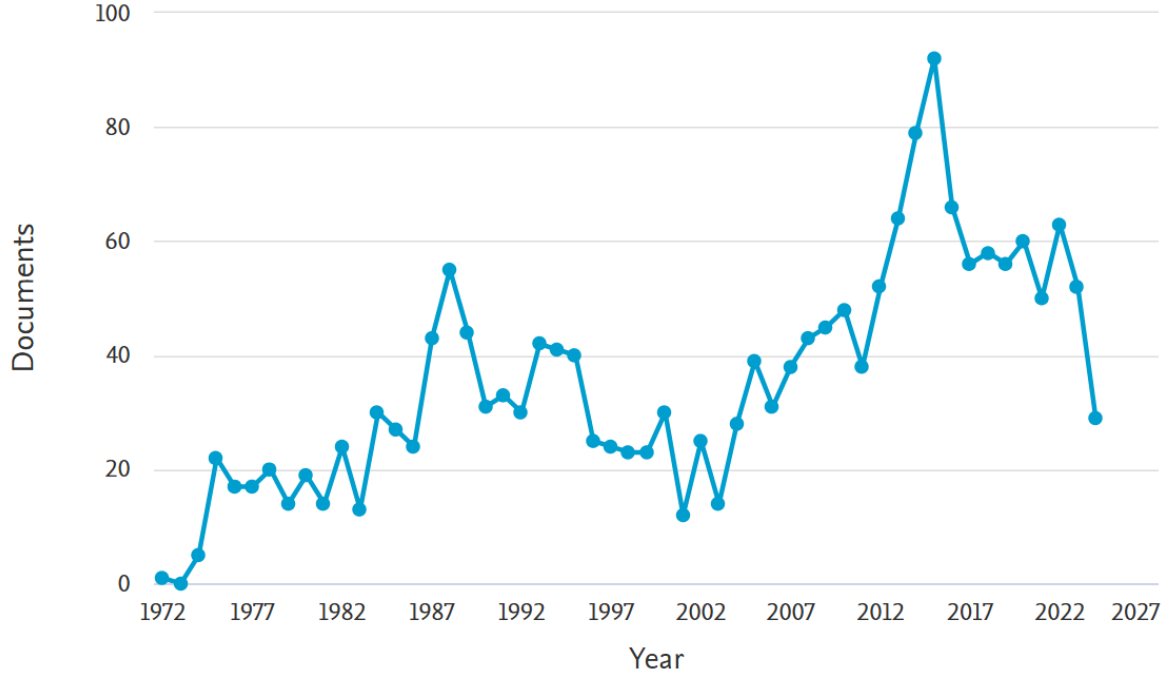
“Defansif Tıp” ile ilgili yapılan araştırmaları genel olarak değerlendirmek için bibliyometrik analiz tekniği kullanılmıştır. Araştırma verileri Scopus veri tabanında “başlık, anahtar kelime ve özet” içinde “defensive medicine” kelimeleri geçen eserlere ait veriler aranmıştır. Arama sonucunda farklı yayın türlerinden toplam 1869 eser tespit edilmiştir. Veri tabanından veriler 4 Kasım 2024 tarihinde alınmıştır. Verilerin analizinde WOSviewer 1.6.18 programı kullanılmıştır. Bu konuda atıf (dergi, yazar, kurum ve belge), ortak yazar (kurum), ortak atıf (yazar) analizlerinden yararlanılmıştır. WOSviewer programında kümeleme, yoğunluk ve haritalama analizleri yapılmıştır.

## 3. BULGULAR

### 3.1. Yıllara Göre Eser Sayıları

Scopus veri tabanında defansif tıp alanındaki ilk çalışmanın 1972 yılında yayınlandığı belirlenmiştir. Yıllara en çok eserin ( $f=92$ ) 2015 yılında yapıldığı belirlenmiştir (Şekil 1). Bu alandaki araştırmalarının düzensiz bir biçimde artış ve azalış gösterdiği belirlenmiştir. Ayrıca son yıllarda bu alandaki yayın sayılarında azalış olduğu belirlenmiştir.

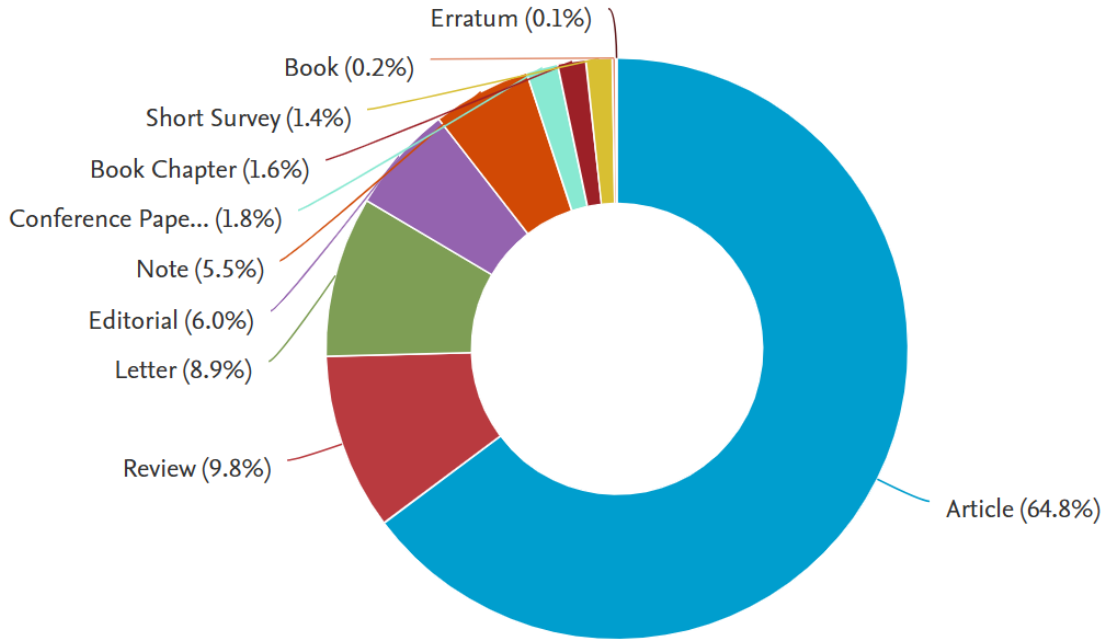
**Çizelge 1. Yıllara Göre Eser Sayısı**



### 3.2. Eserlerin Türlerine Göre Dağılımı

Defansif tıp konusunda yayınlanan eser türlerine göre dağılımı Şekil 2’de verilmiştir. Bu konuda en çok yayınlanan eser türleri; makale (f=1211), derleme (f=183) ve editöre mektup (f=167) olduğu belirlenmiştir.

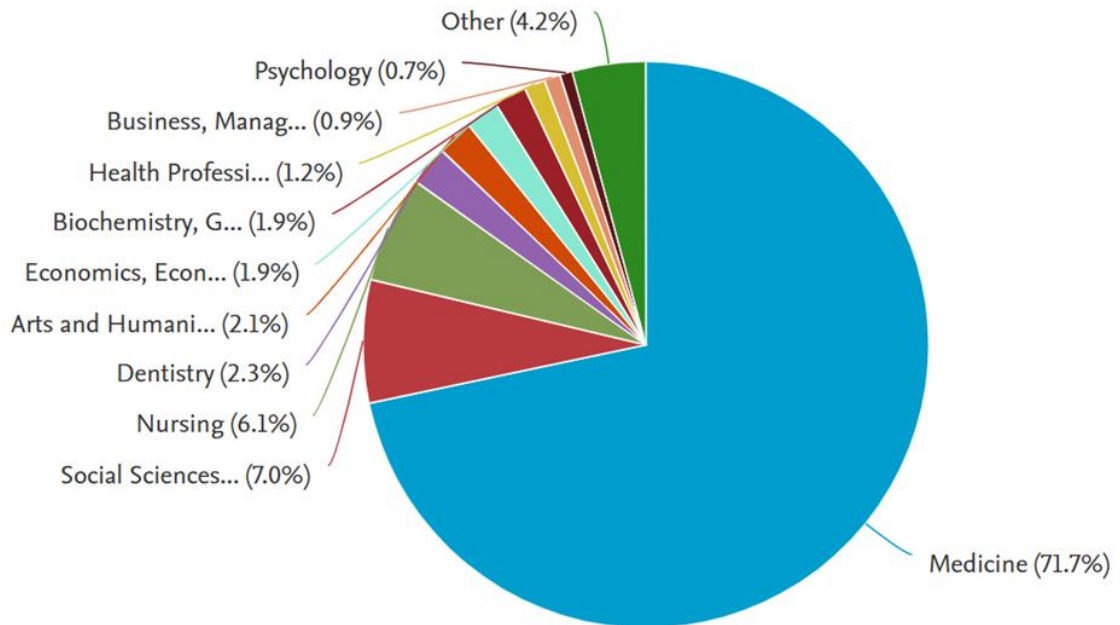
**Çizelge 2: Eser Türleri**



### 3.3. Eser Konu Alanı

Defansif tıp ile ilgili yayınlanan eserlerin konu alanlarına göre dağılımı şu şekildedir; Tıp (f=1624), Sosyal Bilimler (f=159), Hemşirelik (f= 138) (çizelge 3).

**Çizelge 3: Konu Alanı**

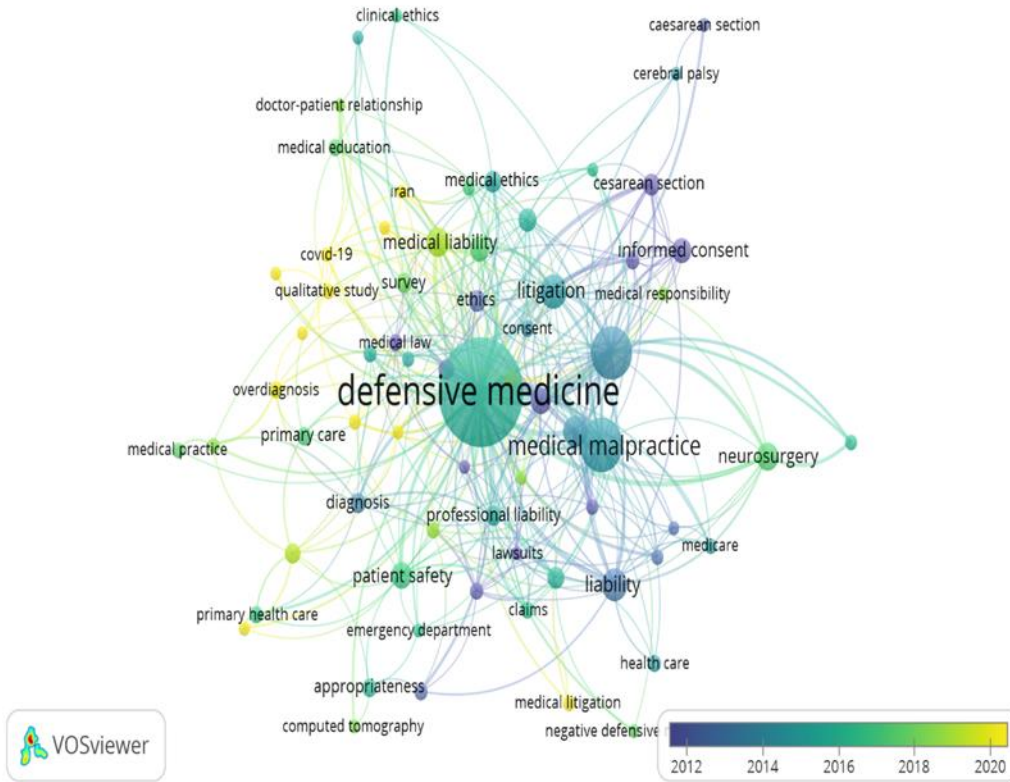


### 3.4. Anahtar Kelime Ağ Analizi

Defansif tıp (Defensive medicine) ile en çok kullanılan anahtar kelimelerin ağ haritası analizi Görsel 4'te gösterilmiştir. Anahtar kelimenin en az tekrar sayısı 50 olarak seçilmiştir. İlişkili 1720 anahtar kelimeden bu kriterlere uyan 69 anahtar kelimenin ağ yapılmıştır. Ağ

haritası Görsel 4'te gösterilmiştir. Oluşturulan harita incelendiğinde, en çok kullanılan anahtar kelimelerin “Defensive medicine” (f=289), “medical malpractice” (f=73), “malpractice” (f=69), “litigation” (f=28), “liability” (f=27) olduğu tespit edilmiştir. (Çizelge 4).

#### Çizelge 4: Anahtar Kelime Ağ Haritası



#### 3.5. Eser Atıf Analizi

Defansif tıp konusunda Scopus veri tabanında yayınlanan eserlere ait yoğunluk görselleştirmesi analizi Görsel 5'te sunulmuştur. Doküman başına yapılan minimum atıf sayısı “100” olarak seçildi, bu şartı sağlayan 30 doküman analize tabi tutuldu. Bu kapsamda en çok atıf alan ilk üç eser şunlardır; (f=974) “Defensive medicine among high-risk specialist physicians in a volatile malpractice environment” (Studdert, 2005), (f=511) “Dealing with medical practice variations: A proposal for action” (Wennberg, 1984), (f=474) “Addressing overutilization in medical imaging” (Hendee et al., 2010) (Görsel 5).

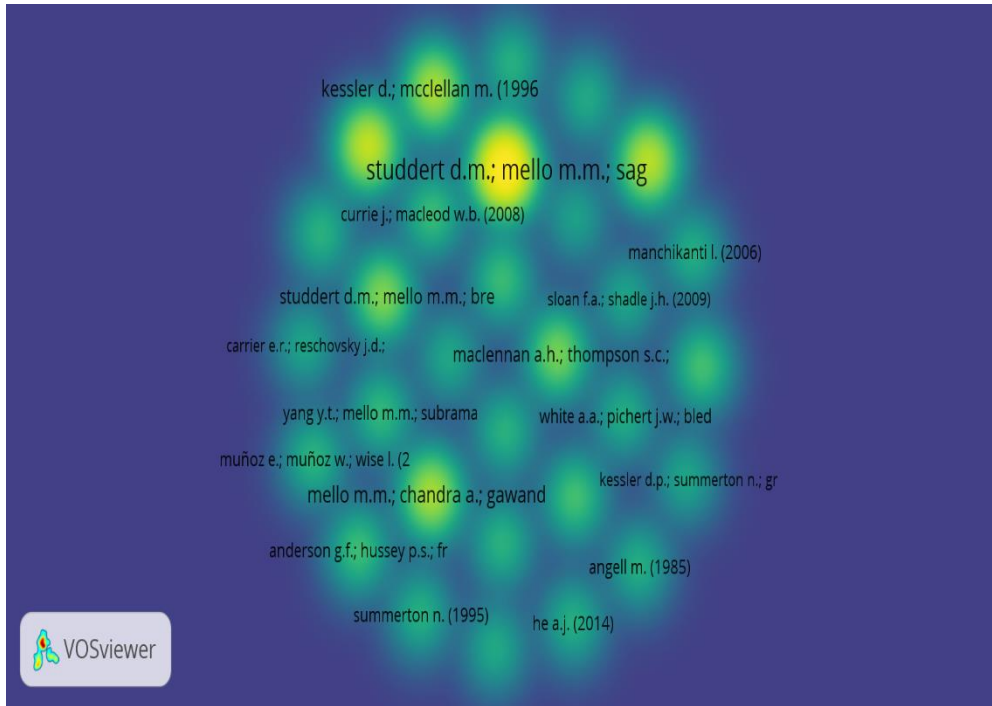
Studdert (2005) yüksek sorumluluk gerektiren uzmanlık alanlarında çalışan hekimler arasında defansif tıbbın yaygınlığını belirlemek için yaptığı çalışmada, hekimlerin %93'ün defansif tıp uyguladığını belirlemiştir.

Wennberg (1984) yaptığı çalışmada, hekimlerin kendi veya hastalarının rahatlığı veya "defansif" tıp gerekliliklerine ilişkin yorumlamaları nedeniyle bireysel uygulama stilleri

benimsediklerini belirlemiştir. Bunun sonucu olarak da hastaneye yatış talebindeki azalma, ihtiyaç duyulan hizmetlerin geri çekilmesi korkusu olmadan büyük tasarruf fırsatları sunduğunu savunmuştur.

Hendee et al. (2010) yaptığı çalışmada radyolojik görüntülemenin aşırı kullanımının nedenlerinden birinin de defansif tıptan kaynaklandığını belirlemiştir.

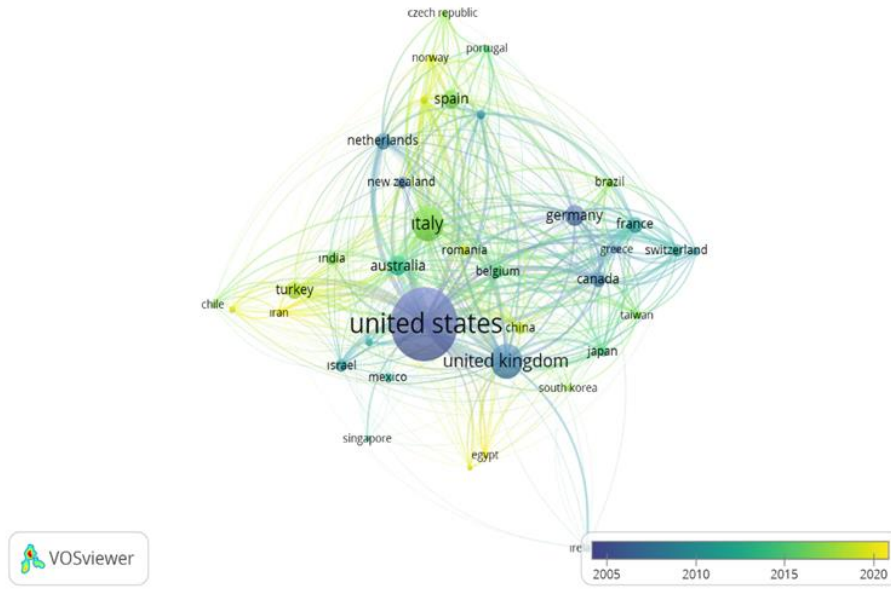
### Çizelge 5: Yayın Atıf Yoğunluk Analizi



### 3.6. Araştırma Yapılan Ülkeler

Defansif Tıp konusunda araştırma yapan ülkeler üst üste bindirme analizi yapılmıştır. En az doküman sayısı “5”, atıf sayısı “0” tercih edildi. Bu şartı sağlayan 137 ülkeden 38 ülkenin verileri analiz edildi. Analiz sonuçları Görsel 6’da gösterildi. En çok yayına sahip ülkeler şunlardır; Amerika Birleşik Devletleri (f=595), İtalya (f=140), Birleşik Krallık (f=136), Almanya (f=49), Avustralya (f=46).

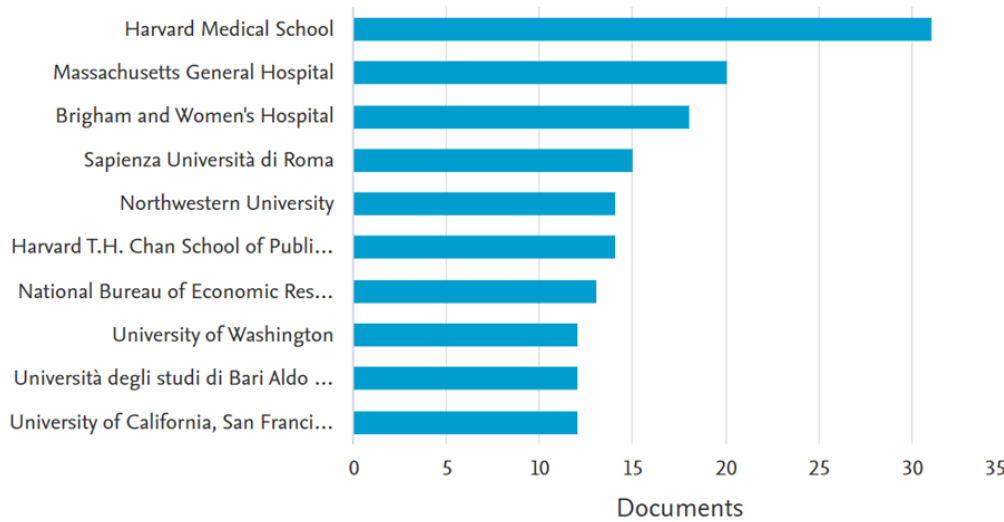
### Çizelge 6: Ülke Ağ Haritası



### 3.7. Araştırma Yapan Kurumlar

Defansif tıp konusunda en çok araştırma yapan kurumlar Şekil 7’de sunulmuştur. Bu konuda en çok yayın yapan kurumlar şunlardır; Harvard Tıp Fakültesi (f=31), Massachusetts Genel Hastanesi (f=20) ve Brigham ve Kadın Hastanesi (f=18) (Çizelge 7).

**Çizelge 7: En Çok Yayın Yapan Kurumlar**



### 3.8. Araştırmalara Fon Sağlayan Kurumlar

Defansif tıp alanından yayınlanan eserlere için fon desteği sağlayan farklı kurumların olduğu tespit edilmiştir. Bu alandaki araştırmalara en çok fon desteği sağlayan 10 kurumun isimleri Tablo 1’de gösterilmiştir. Bu alanda en çok fon desteği sağlayan kurumların başında; Ulusal Sağlık Enstitüleri (f=15), ABD Sağlık ve İnsan Hizmetleri Bakanlığı (f=14), Ulusal Yaşlanma Enstitüsü (f=10) gelmektedir. Defansif tıp konusunda fon desteği sağlayan kurumların büyük bir bölümünün ABD’deki kurumlar olduğu belirlenmiştir.

### Çizelge 8. Finansman Sağlayan Kurumlar

| Sıra | Kuruluş adı                                                       | Fon destek sayısı |
|------|-------------------------------------------------------------------|-------------------|
| 1.   | Ulusal Sağlık Enstitüleri (ABD)                                   | 15                |
| 2.   | ABD Sağlık ve İnsan Hizmetleri Bakanlığı (ABD)                    | 14                |
| 3.   | Ulusal Yaşlanma Enstitüsü (ABD)                                   | 10                |
| 4.   | Ulusal Kanser Enstitüsü (ABD)                                     | 7                 |
| 5.   | Robert Wood Johnson Vakfı (ABD)                                   | 7                 |
| 6.   | Sardunya Özerk Bölgesi (İtalya)                                   | 6                 |
| 7.   | Ulusal Bilim Vakfı (ABD)                                          | 5                 |
| 8.   | Ulusal Kalp, Akciğer ve Kan Enstitüsü (ABD)                       | 5                 |
| 9.   | Ulusal Diyabet ve Sindirim ve Böbrek Hastalıkları Enstitüsü (ABD) | 4                 |
| 10.  | Çin Ulusal Doğa Bilimleri Vakfı (Çin)                             | 4                 |
| 11.  |                                                                   |                   |

### 3. SONUÇLAR VE DEĞERLENDİRME

Bu araştırmada defansif tıp alanında yazılmış eserler bibliyometrik bir bakış açısıyla değerlendirilmiştir.

Araştırma sonucunda defansif tıp alanındaki ilk çalışmanın 1972 yılında ve en çok eserin 2015 yılında yapıldığı belirlenmiştir. Ayrıca son yıllarda defansif tıp konusunu içeren yayın sayılarında azalış olduğu sonucuna varılmıştır. Bu durumun nedeni son yıllarda defansif tıp konusunun artık daha iyi anlaşılması, defansif tıbbın nedenlerinin ve sonuçlarının belirlenmesi veya araştırmacıların ilgilerini farklı alanlara kaydırmaları neden olmuş olabilir.

Defansif tıp konusunda en çok yayınlanan eserlerin makale, derleme ve editöre mektup olduğu belirlenmiştir. Defansif tıp konusunda bilgi edinmek isteyen araştırmacıların bu dokümanları incelenmesi faydalı olabilir.

Defansif tıp ile ilgili yayınlanan eserlerin konu alanlarına göre dağılımı incelendiğinde tıp, sosyal bilimler, hemşirelik, yönetim, ekonomi gibi farklı alanlarda çalışmalar yapıldığı belirlenmiştir. Bu sonuçlara göre defansif tıp konusunun çok boyutlu bir çalışma alanı olduğunu göstermektedir.

Defansif tıp konusunda en çok kullanılan anahtar kelimelerin; “Defensive medicine”, “medical malpractice”, “malpractice”, “litigation”, “liability” olduğu belirlenmiştir. Defansif



tıp konusunda araştırma yapacak araştırmacıların bu anahtar kelimelerle arama yapmaları faydalı olabilir.

Defansif tıp konusunda en çok atıf alan eserlerin Studdert (2005), Wennberg (1984) ve Hendee et al. (2010) olduğu belirlenmiştir. Bu alanda araştırma yapacak araştırmaların bu eserleri okumaları faydalı olabilir.

Defansif tıp konusunda en çok fon sağlayan kuruluşların başında Ulusal Sağlık Enstitüleri, ABD Sağlık ve İnsan Hizmetleri Bakanlığı ve Ulusal Yaşlanma Enstitüsü gelmektedir. En çok fon sağlayan bu kuruluşlar ABD'dedir. Bu alanda en çok yayına sahip olan ülkenin de ABD olduğu belirlenmiştir. Farklı çalışmalarda da çalışma alanında en çok fon sağlayan ülkelerle en çok yayın yapılan ülkelerin aynı olduğu görülmektedir (Nal & Nal, 2024; Yücel, 2024). Bu sonuçlara göre araştırmalara fon desteği sağlanması yayın sayısını arttırmada etkili olabilir.

## KAYNAKÇA

- Aykın, A. C., & Çınarlı, S. (2016). *Sağlık Personelinin Hukuki Sorumluluğu*. Seçkin Yayıncılık.
- Can, N. O., Arslan, Ş., Akpınar, F., & Doru, H. İ. (2024). Acil Servis Hekimlerinin Hasta Değerlendirmesinde Defansif Tıp Yaklaşımı. *Kocatepe Tıp Dergisi*, 25(3), 377–383. <https://doi.org/10.18229/kocatepetip.1396678>
- Hendee, W. R., Becker, G. J., Borgstede, J. P., Bosma, J., Casarella, W. J., Erickson, B. A., Maynard, C. D., Thrall, J. H., & Wallner, P. E. (2010). Addressing Overutilization in Medical Imaging. *Radiology*, 257(1), 240–245. <https://doi.org/10.1148/radiol.10100063>
- Hermer, L. D., & Brody, H. (2010). Defensive Medicine, Cost Containment, and Reform. *Journal of General Internal Medicine*, 25(5), 470–473. <https://doi.org/10.1007/s11606-010-1259-3>
- Kessler, D., & McClellan, M. (1996). Do Doctors Practice Defensive Medicine? *The Quarterly Journal of Economics*, 111(2), 353–390. <https://doi.org/10.2307/2946682>
- Mansur, F., & Ceylan, Ö. (2021). Defansif Tıp ve Defansif Tıp Konusunda Yapılan Akademik Çalışmalar Üzerine Bir Derleme. *Ankara Hacı Bayram Veli Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 23(3), 721–744. <https://doi.org/10.26745/ahbvuibfd.994079>
- Nal, M., & Nal, B. (2024). An Overview of Research in the Field of Elderly Health: Bibliometric Analysis. *Journal of Geriatric Science*, 7(1), 20–29. <https://doi.org/10.47141/geriatrik.1382709>
- Aykın, A. C., & Çınarlı, S. (2016). *Sağlık Personelinin Hukuki Sorumluluğu*. Seçkin Yayıncılık.
- Can, N. O., Arslan, Ş., Akpınar, F., & Doru, H. İ. (2024). Acil Servis Hekimlerinin Hasta Değerlendirmesinde Defansif Tıp Yaklaşımı. *Kocatepe Tıp Dergisi*, 25(3), 377–383. <https://doi.org/10.18229/kocatepetip.1396678>
- Hendee, W. R., Becker, G. J., Borgstede, J. P., Bosma, J., Casarella, W. J., Erickson, B. A., Maynard, C. D., Thrall, J. H., & Wallner, P. E. (2010). Addressing Overutilization in Medical Imaging. *Radiology*, 257(1), 240–245. <https://doi.org/10.1148/radiol.10100063>

- Hermer, L. D., & Brody, H. (2010). Defensive Medicine, Cost Containment, and Reform. *Journal of General Internal Medicine*, 25(5), 470–473. <https://doi.org/10.1007/s11606-010-1259-3>
- Kessler, D., & McClellan, M. (1996). Do Doctors Practice Defensive Medicine? *The Quarterly Journal of Economics*, 111(2), 353–390. <https://doi.org/10.2307/2946682>
- Mansur, F., & Ceylan, Ö. (2021). Defansif Tıp ve Defansif Tıp Konusunda Yapılan Akademik Çalışmalar Üzerine Bir Derleme. *Ankara Hacı Bayram Veli Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 23(3), 721–744. <https://doi.org/10.26745/ahbvuibfd.994079>
- Nal, M., & Nal, B. (2024). An Overview of Research in the Field of Elderly Health: Bibliometric Analysis. *Journal of Geriatric Science*, 7(1), 20–29. <https://doi.org/10.47141/geriatrik.1382709>
- Studdert, D. M. (2005). Defensive Medicine Among High-Risk Specialist Physicians in a Volatile Malpractice Environment. *JAMA*, 293(21), 2609–2617. <https://doi.org/10.1001/jama.293.21.2609>
- Vento, S., Cainelli, F., & Vallone, A. (2018). Defensive medicine: It is time to finally slow down an epidemic. *World Journal of Clinical Cases*, 6(11), 406–409. <https://doi.org/10.12998/wjcc.v6.i11.406>
- Wennberg, J. E. (1984). Dealing With Medical Practice Variations: A Proposal for Action. *Health Affairs*, 3(2), 6–33. <https://doi.org/10.1377/hlthaff.3.2.6>
- Yan, S. C., Hulsbergen, A. F. C., Muskens, I. S., van Dam, M., Gormley, W. B., Broekman, M. L. D., & Smith, T. R. (2017). Defensive medicine among neurosurgeons in the Netherlands: a national survey. *Acta Neurochirurgica*, 159(12), 2341–2350. <https://doi.org/10.1007/s00701-017-3323-9>
- Yücel, Ş. (2024). Karar Verme Teknikleri Üzerinde Yapılan Çalışmaların Bibliyometrik Analizi. *Akademik Araştırmalar ve Çalışmalar Dergisi (AKAD)*, 16(30), 153–172. <https://doi.org/10.20990/kilisiibfakademik.1442217>

## RİSKLİ GEBELİKLERLE İLGİLİ KULLANILAN MOBİL UYGULAMALARIN İNCELENMESİ

**Meliha ŞANAL**

Düzce Üniversitesi Sağlık Yönetimi Yüksek Lisans  
melihasanal0505@gmail.com - ORCID ID: 0000-0003-2804-792X

**Doç. Dr. Yusuf ÖCEL**

Düzce Üniversitesi İşletme Fakültesi  
yusufofel@duzce.edu.tr - ORCID ID: 0000-0002-4555-7035

### ÖZET

Mobil cihazların ve dijital sağlık uygulamalarının artan kullanımı, günümüz sağlık hizmetlerinde mobil sağlık çözümlerinin önemini giderek artırmaktadır. Bu uygulamalar, hem hastaların hem de sağlık profesyonellerinin sağlık hizmetlerine erişimini kolaylaştırırken, sağlık sistemlerinin etkinliğini artırma potansiyeline de sahiptir. Özellikle kadın sağlığı alanında, gebelik sürecinin sağlıklı bir şekilde yönetilmesinde mobil teknolojilerden faydalanılması giderek yaygınlaşmaktadır. Bununla birlikte, mevcut kadın sağlığı uygulamaları arasında riskli gebelik takibini yapabilecek gerekli altyapıya ve donanıma sahip uygulamaların sayısı sınırlıdır. Riskli gebelikler için tasarlanan mobil sağlık uygulamalarının, bu süreçte hem hastalara gerekli bilgileri sağlama hem de olası tehlike işaretlerini erken tespit edebilme konusunda önemli katkılar sunduğu düşünülmektedir. Mobil sağlık uygulamaları, riskli gebelik takibinde hastaların sağlık durumlarını takip etmelerine ve sağlık profesyonelleri ile sürekli iletişimde kalmalarına olanak tanımaktadır. Bu durum, gebelerin kendilerini güvende hissetmelerine ve ihtiyaç duydukları destek ve bilgiyi zamanında almalarına yardımcı olmaktadır. Bu çalışmada, mobil sağlık alanında yeni bir yaklaşım olarak değerlendirilen riskli gebelik takibi uygulamalarının mevcut sağlık sistemi içindeki yeri ve potansiyel etkileri detaylı bir şekilde incelenmiştir. Ayrıca, bu uygulamaların kadın sağlığına olan olumlu katkıları ve gelecekteki gelişim olanakları üzerinde çıkarımlar yapılmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Mobil uygulama, Mobil sağlık, Riskli gebelik<sup>1</sup>

### 1. GİRİŞ

---

<sup>1</sup>Bu çalışma Meliha ŞANAL'ın "Riskli Gebelik Yönetiminde Akıllı Mobil Sağlık Hizmetlerinin Uygulanması ve Hasta Memnuniyeti ile İlişkisi" isimli yüksek lisans tezinden türetilmiştir.

Mobil teknolojilerin hızlı gelişimi, sağlık hizmetlerinin sunumunda büyük bir değişime sebep olmuştur. İnternetin yaygın kullanımı ve mobil cihazların neredeyse herkesin hayatının bir parçası haline gelmesiyle, sağlık bilgilerine hızlı ve kolay erişim sağlanabilmektedir. Mobil sağlık uygulamaları (m-Health), kullanım kolaylıkları ve her yerden ulaşılabilirlikleri sayesinde tıbbi bakımı büyük oranda dijitalleştirme kapasitesine sahiptir (Şimşir & Mete, 2021). Örneğin, gebelik sürecini takip etmek, sağlık personeli ile iletişim kurmak ve hastaların kendi sağlık durumlarını yönetmek için giderek daha fazla kullanılmaktadır. Riskli gebelikler, anne ve bebeğin sağlığını tehdit eden durumların yaşandığı gebeliklerdir. Bu duruma, önceden var olan sağlık sorunları, gebelik sırasında gelişen komplikasyonlar veya fetal anormallikler gibi çeşitli faktörler neden olabilir (Cunningham, 2018). Mobil uygulamaların özellikle gebelik takiplerinde sağladığı faydalardan biri, hastaların kendi sağlık bilgilerini kaydetme ve takip etme yetenekleridir. Ayrıca yapılan bir çalışmada Akıllı telefon uygulamalarının hamilelikte sağlıklı davranışları etkileme potansiyeli var olduğu ama kanıtı ihtiyacı olduğu sonucuna varmışlardır (Musgrave, 2020). Bu sayede gebeler, kan basıncı, kan şekeri seviyeleri veya fetüs hareketleri gibi önemli sağlık verilerini düzenli olarak izleyebilirler. Ayrıca, bu uygulamalar rehberlik, eğitim ve sağlık kontrolleri arasında geçen sürede destek sunma işlevi görür. Örneğin, bazı uygulamalar riskli gebeliklerde sıkça karşılaşılan preeklampsi, gestasyonel diyabet gibi durumları izleyerek, kullanıcıları belirtiler hakkında uyarabilir.

Anne ölüm oranı bir ülkenin ekonomik, kültürel ve sağlık sisteminin gelişimini yansıtan en önemli göstergelerden biri olarak, küresel çapta kabul görmektedir (Ren vd., 2017). Günümüzde tüm dünyada her yıl yaklaşık 287.000 kadının gebelik ve doğum nedeniyle öldüğü, 2,3 milyon bebeğin yaşamlarının ilk ayında öldüğü ve yaklaşık 2 milyon bebeğin de ölü doğum nedeniyle kaybedildiği tahmin edilmektedir (DSÖ, 2024). Bu sonuçlar anne bebek sağlığını korumayı ve gebelik öncesi bakımın önemini göstermektedir. Unicef'in 2022 yılı verilerine göre Dünya'da Anne ölüm oranları Batı ve Orta Afrikada 27 kadında 1 iken Latin Amerika'da 570 kadında 1, Doğu Asya ve Pasifikte 840 kadında 1, Doğu Avrupa ve Orta Asya'da 2900 kadında 1 olarak tespit edilmiştir (Unicef, 2020). Ülkemizde 2023 yılında Canlı doğan bebek sayısı 958 bin 408 olurken 9575 bebek ölümü gerçekleştirmiştir (TÜİK, 15 Mayıs 2024). Gerçekleşen doğumların yaklaşık olarak üçte biri (%35) en az kaçınılmaz risk kategorisindedir, doğumların %9 ise iki ve daha fazla risk kategorisine girmektedir (TNSA, 2018).

Bu çalışmanın temel amacı riskli gebeliklerle ilgili kullanılan mobil uygulamaların incelenmesi. Bu doğrultuda alan yazın incelenmiş olup yapılan az çalışma olması ve bu konuda daha çok çalışma yapılması gerektirir. Literatüre katkısı mevcut mobil gebe uygulamaları var ama bunlardan çok azı riskli gebeliklere aittir. Uygulayıcılara katkısı ebeler, hekimlere ve yöneticiler için daha hızlı canlı veri sağlamaktadır. Toplumsal katkısı anne ve bebeklere ait riskleri saptamada riskleri engellemeye katkısı sağlayacaktır. Ayrıca daha az hareket olduğu için karbon ayak izini azaltmada katkısı olabilir.

## 2. LİTERATÜR TARAMASI

Teknolojide ve mobil gelişmelerdeki hızlı değişimle birlikte, mobil uygulamaların günlük yaşamımızda yeri giderek artmaktadır. Özellikle sağlık alanında mobil uygulamaların kullanımı, hasta yönetimi ve sağlık hizmetlerine erişimde devrim niteliğinde değişiklikler yaratmaktadır. Yapılan bir çalışmaya göre, internetin sağlık bilgi kaynağı olarak kullanımı önemli ölçüde artış göstermektedir (Demirağ vd.2023). Hastalar, sağlık personeline danışmak yerine genellikle internetten bilgi arayışına yönelmektedirler. Bu durum, sağlık hizmetlerinin dijitalleşmesiyle birlikte mobil uygulamaların yaygınlaşmasını da hızlandırmıştır. Mobil sağlık uygulamaları, hasta deneyimini geliştirirken, sağlık profesyonellerinin iş süreçlerini daha verimli yönetmelerine olanak tanır (Yousefi vd.,2021).

Gebelikteki riskler; anneye ait riskler arasında gebelik öncesindeki tıbbi durumlar ve genetik problemler yer alırken, bireysel faktörler (yaş, obezite, kısa boy gibi) ve sosyal durumlar (düşük sosyo-ekonomik seviyeler, istenmeyen doğumlar gibi) da önemli risk faktörleridir. Ayrıca, doğurganlık süreci arasında çoğul gebelik, ablasyo plasenta, dış üreme ve yerleşim anomalileri gibi durumlar da unutulmamalıdır (Soğukpınar,2020). Riskli gebeliklerin yönetiminde düzenli sağlık kontrolleri, yansılama taramaları, kan testleri ve bazı özel durumlarda genetik incelemeler yapılır. Anne adayının yaşı ilerledikçe veya önceden var olan bir sağlık sorunu olduğunda, riskli gebelik ihtimali de artar. Bu tür gebeliklerde erken tanı ve takip hayati öneme sahiptir. Örneğin, preeklampsi, gestasyonel diyabet, erken doğum tehdidi gibi komplikasyonlar riskli gebeliklerde yaygındır. Bu tür gebelikler, hem anne hem de fetüsün sağlığını korumak adına daha sık ve titiz bir tıbbi takip gerektirir.

Riskli gebeliklerde, hem anne hem de bebek için belirli komplikasyon yüksektir. Bu komplikasyonlar, gebeliğin erken dönemlerinde başlayabileceği gibi, doğumun son dönemlerine kadar sürebilir. Bunlar arasında erken doğum, plasenta previa, preeklampsi, gestasyonel diyabet, intrauterin gelişme geriliği (IUGR) gibi durumlar yer alır. Risklerin azaltılması ve yönetimi için düzenli doktor kontrolleri yapılmalı, gerekli testler uygulanmalıdır. Bu testler ve takipler sayesinde anne ve bebeğin sağlığı daha iyi korunabilir. Mobil uygulamalar gebelik sürecinde önemli bir rol oynar. Gebeler, uygulamalar aracılığıyla sağlık durumlarını yakından izleyebilir, semptomlarını kaydedebilir ve doktorlarına daha detaylı bilgi sunabilirler. Ayrıca, risklerin farkında olmayan veya yetersiz bilgiye sahip anne adayları, bu uygulamalar sayesinde eğitilebilir. Psikolojik destek ihtiyacı da bu süreçte önemli bir yer tutar. Mobil uygulamalar, annelere ruhsal anlamda rehberlik ve destek sağlayarak, komplikasyonlar hakkında bilinçlenmelerine yardımcı olur.

Annenin riskli gebelik geçirmesi anne ve bebeğin morbidite ve mortalite riskini artırmaktadır (Baltacı & Başer, 2020). Anne ölüm oranları bir toplum sağlığı sorunudur, anne bebek ölüm oranları ülkelerin ana çocuk sağlığı sistemlerinin, gelişmişlik seviyelerinin önemli bir göstergesidir (Madazlı, 2020). Maternal mortalite hızı: 15-49 yaş arası her 100.000 kadın için bir yıldaki anne ölüm sayısını gösterir. Bu sayı doğumu daha güvenli şartlarda gerçekleştirmeyi mümkün kılarak ya da prenatal destek ve takibi artırarak düşürülebilir. Yenidoğan mortalitesi, 1000 canlı doğum başına bir oran olarak ifade edilir (UNICEF). Bu uygulamalar, hastaların sağlık durumlarını sürekli izlemeye olanak sağlayarak, zamanında müdahale imkânı sunar.

Örneğin, hipertansiyon gibi kronik hastalar için tahminde bulunma, teşhis koyma, tedavi protokolleri önerme, kişiselleştirilmiş tedavi ve bakım için gelişmiş veri kümeleri arasındaki anlamlı ilişkileri keşfetme yeteneğine sahiptir (Tsoi vd.,2021). Mobil sağlık teknolojileri, sağlık hizmeti sağlayıcılarının hastalarla olan etkileşimlerini de dönüştürmekte; uzaktan danışmanlık hizmetleri ve sanal randevu sistemleri, hastaların daha iyi bir sağlık hizmeti almasına yardımcı olmaktadır (Crespo vd., 2022). Ancak, mobil sağlık uygulamalarının etkili bir şekilde kullanılabilmesi için bazı zorlukların da aşılması gerekmektedir. Özellikle dijital okuryazarlık düzeyi düşük olan bireyler için bu uygulamalara erişim sorunlu olabilir. Ayrıca, veri güvenliği ve hasta mahremiyeti konularındaki endişeler, mobil sağlık uygulamalarının benimsenmesini engelleyebilir. Hastalar, verilerinin yapay zekâ destekli sağlık hizmetlerinde nasıl kullanılacağına erişme, kontrol etme ve söz sahibi olma hakkına sahip olmalıdır (Yelne vd., 2023). Sağlık profesyonellerinin bu zorlukların üstesinden gelmek için eğitim ve bilgi sağlayarak hastaları yönlendirmeleri önemlidir. Bununla birlikte, mobil sağlık uygulamalarının etkili bir şekilde geliştirilmesi ve düzenlenmesi, sağlık hizmetlerinin kalitesini artırmada kritik bir rol oynamaktadır.

## **2.1. Dünyada ve Türkiye’de Kullanılan Riskli Gebelik Mobil Uygulamaları**

Küresel düzeyde ve Türkiye’de mobil sağlık uygulamalarının bazı farklılıkları görülebilir. Elektronik sağlık hizmetlerinin yaygınlaşmasının temel nedenleri arasında, bu hizmetlerin zaman ve maliyet tasarrufu sağlaması, dijital olarak kolayca erişilebilir olması, günün her saatinde hizmet alabilmesine olanak tanınması, mekân ve zaman kısıtlamalarını ortadan kaldırması, kullanılabilir hizmetlerin artırılmasına olanak tanımaktadır. Dünya Sağlık Örgütü, tele sağlığı, mesafenin önemli olduğu sağlık hizmetlerinin, bilgi ve iletişim teknolojilerini kullanan sağlık profesyonelleri tarafından hastalık ve yaralanmaların teşhisi, tedavisi, önlenmesi, bilgi alışverişi ve sağlık hizmeti sağlayıcılarının sürekli eğitimi olarak tanımlamaktadır (World Health Organization, 2010, s. 93). Mobil sağlık uygulamaları hastaların sağlık hizmetlerine uzaktan ulaşımını kolaylaştırarak sağlık hizmetine ulaşımını sağlayarak katkıda bulunur. Özellikle kırsal ve ulaşımı zor bölgelerde yaşayan bireyler için tele sağlık, uzman sağlık hizmetlerine ulaşma fırsatı bulabilirler.

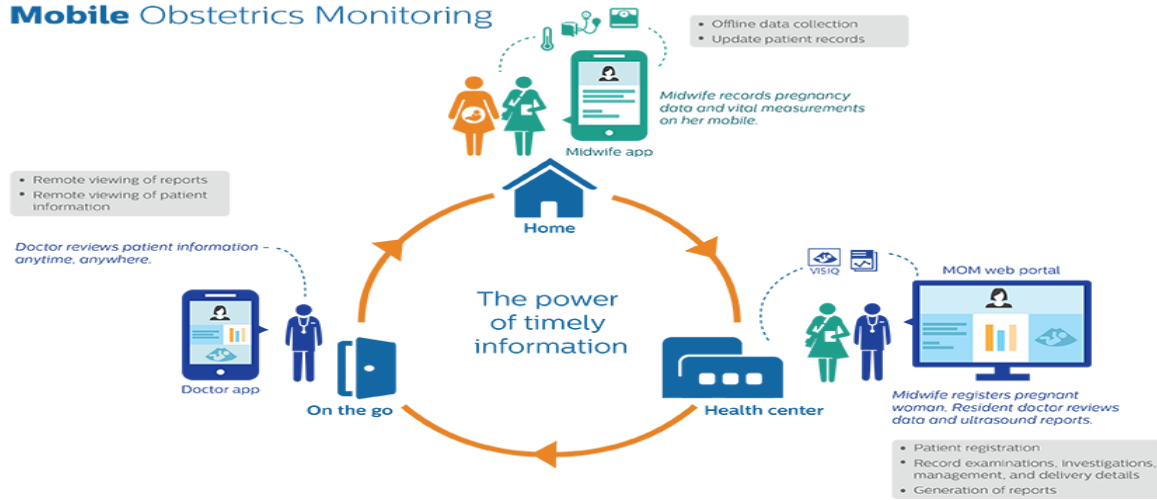
Yapılan araştırmalar, tele sağlık uygulamalarının hasta memnuniyetini ve tedavinin devamlılığında artış sağladığını göstermektedir (Gajarawala & Pelkowski, 2021). Bu tür uygulamalar, kronik hastalıkları olan bireylerin düzenli izlenmesine ve zamanında müdahale edilmesine olanak tanır. Telesağlık, özellikle riskli gebeliklerde büyük avantaj sağlar. Bu tür uygulamalar, gebelerin ebeleriyle uzaktan görüşme yaparak sağlık durumlarını değerlendirmelerine olanak tanır. Bu yöntem, hem gebelik sürecinde hem de acil durumlarda hastaneye gitme gereksinimini azaltabilir.

### **2.1.1. MOM (Manage Obstetric Monitoring)**

Riskli gebelikleri izlemek için geliştirilmiştir. Preeklampsi ve diğer komplikasyonları yönetmeye yardımcı olur. Kenya gibi çeşitli ülkelerde kullanılmaktadır ve maternal sağlık sonuçlarını iyileştirmeyi amaçlayan projelerin bir parçası olmuştur. MOM pilot uygulaması



Padang'da bir yıl boyunca 656 kadını izledi ve olumlu sonuçlar elde edildi. Özellikler: Gebelerin sağlık verilerini toplar ve sağlık profesyonellerine bildirir.



Görsel:1

Kaynak: <https://www.philips.co.id/healthcare/resources/feature-detail/mobile-obstetrics-monitoring>

### 2.1.2. Babyscripts

Yüksek riskli gebelikleri yönetmek için kullanılan bir platformdur. Babyscripts, ABD'de 250.000 gebeliği kapsayan 27 eyalette faaliyet göstermektedir. Hamile ve doğum sonrası bireylere dijital doğum öncesi eğitim, uzaktan hasta izleme ve tele-mental sağlık hizmetleri sunmaktadır (fiercehealthcare, 15 Mayıs 2024). Tansiyon, kilo ve diğer sağlık verilerini izleyerek, acil durumlarda doktorlara bilgi sağlar.



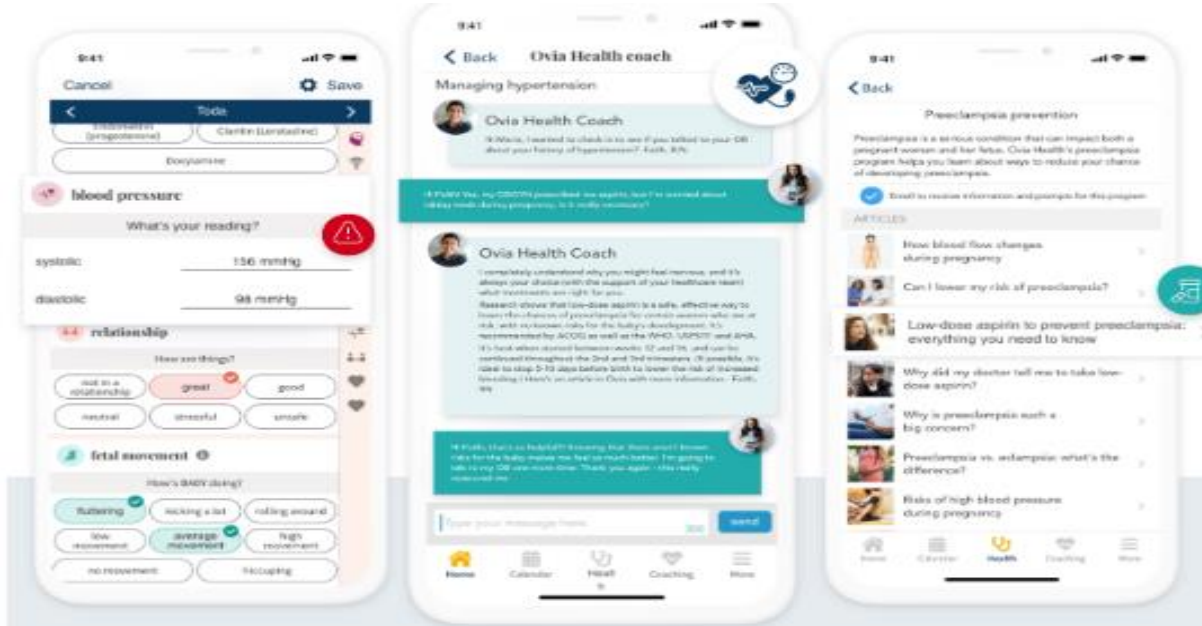
Görsel:2

Kaynak: <https://babyscripts.com/babyscripts-brochure>

### 2.1.3. Ovia Health



Hem normal hem de riskli gebeliklerin takibi için kullanılan geniş kapsamlı bir uygulamadır. ABD'nin birçok eyaletinde kullanılan kapsamlı bir uygulamadır. Sağlık verilerini izler, semptomları kaydeder ve kişisel tavsiyeler sunar. 200'den fazla ülkede kullanılmaktadır.

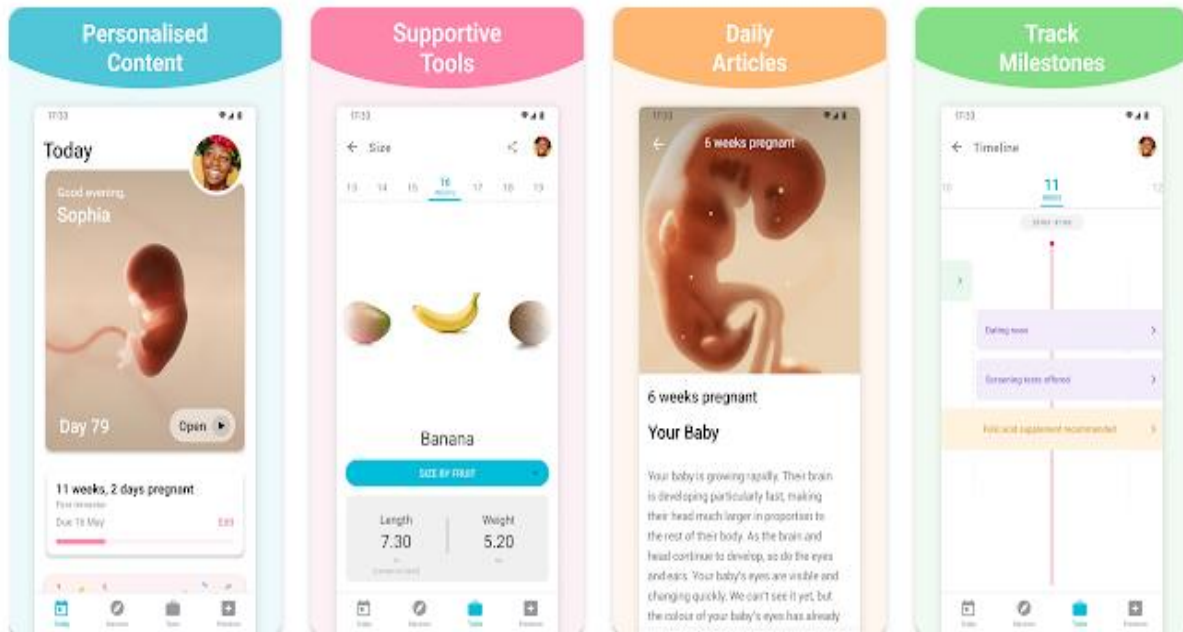


Görsel:3

Kaynak: <https://www.oviahealth.com/>

#### 2.1.4. Pregnancy+

Gebelik haftasına göre gelişim takibi yapar. Semptom takibi, acil durum uyarıları ve günlük sağlık durumu değerlendirmeleri sunar. Dünya çapında uygulanan bir uygulamadır. Şuana kadar 10 milyon indirme gerçekleşmiştir.

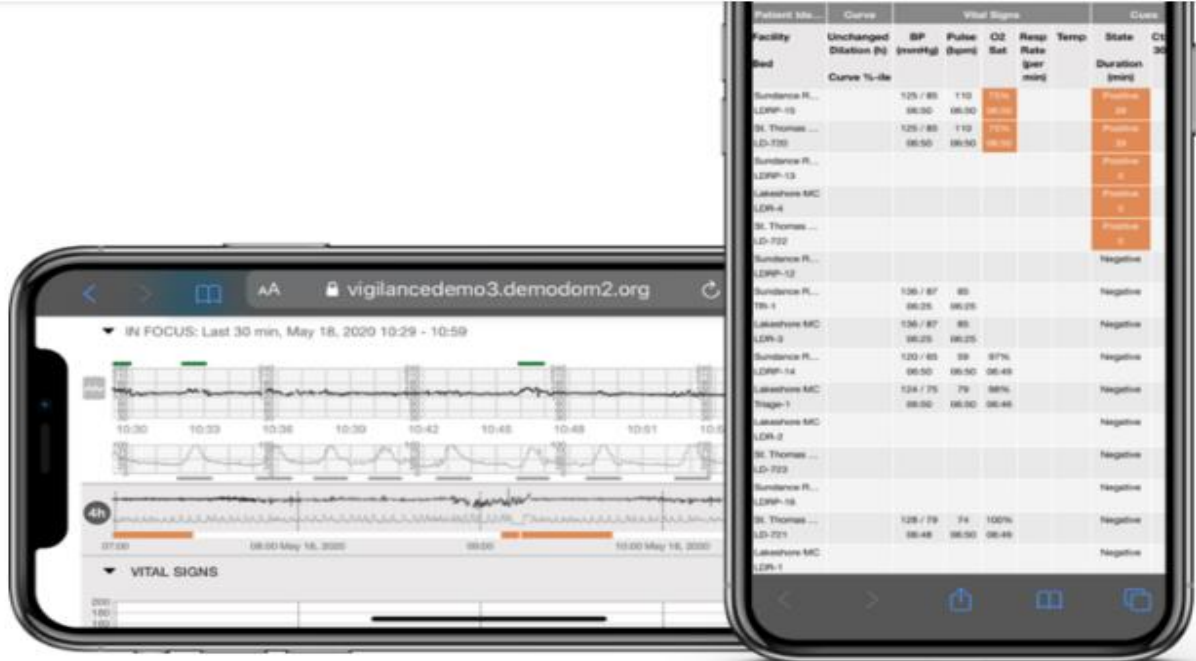


Görsel:4

Kaynak: <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.hp.pregnancy.lite>

### 2.1.5. PeriWatch Vigilance

Yüksek riskli gebeliklerde anne sağlığını izlemek için geliştirilmiştir. Doğum öncesi kritik parametreleri sürekli olarak izler ve sağlık profesyonellerine bildirimlerde bulunur. ABD’de kullanılan yapay zekâ destekli bir uygulamadır.

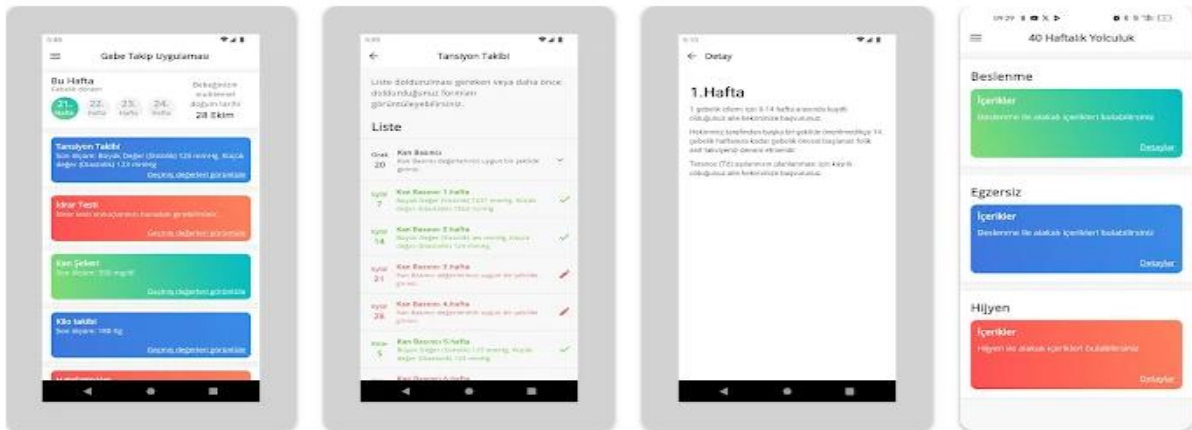


Görsel:5

Kaynak: <https://perigen.com/periwatch-vigilance-mobile/>

### 2.1.6. Gebe Takip Düzce Uygulaması

Gebe Takip Düzce Uygulaması, özellikle riskli gebelik yaşayan anne adaylarını izlemeye yönelik geliştirilen bir mobil uygulamadır. Düzce İli genelinde kullanılmaktadır. Bu uygulama, eklampsi, preeklampsi ve gestasyonel diyabet gibi ciddi komplikasyonları olan gebelerin durumlarını evden takip etmelerine olanak tanır. Ebeler, gebelerin tansiyon, kan şekeri, kilo gibi verilerini uygulama üzerinden takip eder ve acil bir durumda anında müdahale sağlar.



Görsel:6

Kaynak: <https://iyiuygulamaornekleri.saglik.gov.tr/TR-92172/yuksek-riskli-gebe-takiplerinin-mobil-cozumler-ile-desteklenmesi.html>

### 3. SONUÇLAR VE DEĞERLENDİRME

#### 3.1. Riskli Gebelik Mobil Uygulamalarının Sağladığı Faydalar

Mobil uygulamalar tıbbi cihazlara kablosuz bağlanması, eş zamanlı olarak hastanın izlenmesi ve mekân kısıtlaması olmaması, yüksek riskli hastalara erken müdahale edilebilme imkânı ve herhangi bir engeli olan hastalar için çeşitli sağlık hizmetleri imkânını sunmaktadır (Dağlar, 2022). Ayrıca uygun maliyetli olan bu uygulamalar sayesinde anneler, gebeliklerinin haftalık gelişimini takip edebilir, semptomlarını düzenli olarak kaydedebilir ve ebelerin önerilerine her an ulaşabilirler. Özellikle riskli gebelikler söz konusu olduğunda, hastaların yaşamını kolaylaştırır. Ayrıca, yüksek tansiyon, kanama, erken doğum belirtileri, gebelik diyabeti gibi komplikasyonların erken fark edilmesi, bu uygulamaların sağladığı büyük avantajlardan biridir. Uygulamalar, kullanıcılarına bu semptomlar hakkında uyarılar göndererek olası riskleri erken dönemde tespit etmelerini sağlar. Mobil sağlık uygulamaları, özellikle riskli gebeliklerde takibin daha düzenli yapılmasına olanak tanıyarak önemli bir rol oynar. Araştırmalar, bu uygulamaların anne ve bebek sağlığı açısından olumlu sonuçlar doğurduğunu göstermektedir. Zaman, mekân gözetmeden ihtiyaç duydukları bilgiye mobil sağlık uygulamalarının doğum öncesi ve doğum sonrası dönemlerde anne rahatlığını iyileştirmede yaygın kullanılma potansiyeline sahip olduğu sonucuna varmışlar (Chan ve Chen, 2019). Aynı şekilde, bu uygulamaların uzaktan izleme ile risklerin azaltılmasına olanak sağladığını belirtmektedir (Lupton, 2017). Normal takibe kıyasla mobil sağlık uygulamaları ile takip Gebelik diyabeti olan hastaların glisemik seviyelerini daha etkili bir şekilde düşürebilir ve maternal ve neonatal/fetal komplikasyon riskini azaltabilir (Xie vd., 2020).

Mobil uygulamalar ayrıca, sağlık personeline erişimi hızlandırır. Çalışan gebe kadınlar, çalışma saatlerinin esnek olmaması nedeniyle doğum öncesi bakım hizmeti almamakta düzenli katılamamakta veya gebelikleriyle ilgili günlük ihtiyaçlarının gerçekleştirilmede sıklıkla zorluk çekmektedir (Lee vd., 2022). Örneğin, teletıp uygulamaları sayesinde anne adayları ebeleriyle görüntülü görüşme yaparak sıkı bir takip süreci yürütebilirler. Uygulamaların sunduğu veri kayıt sistemleri sayesinde, hastaneye başvurdıklarında sağlık personeli, annenin sağlık geçmişine hızla ulaşabilir ve müdahale süreci kolaylaşır. Gebelik sürecinde yaşanan hormonal değişiklikler ve komplikasyon riski, anne adaylarında kaygı ve stres yaratabilir. Mobil uygulamalar, psikolojik destek sunarak bu süreçte annelerin kendilerini daha rahat hissetmelerine yardımcı olabilir. Kanığ ve Eroğlu'nun araştırması, gebelerde sosyal desteğin sağlıklı yaşam biçimlerinin olumlu yönde oynadığı rolde etkili olduğu ve gelişiminde hekimin, aile ve arkadaşların önemli katkılarının yer aldığı ortaya konulmuştur (Kanığ & Eroğlu, 2023). Örneğin, anne adayları ruh sağlıklarını izleyebilecekleri araçlar ve uzman görüşlerine anında erişim sağlayabilirler. Kendilerini takip eden bir ebenin varlığı güven ilişkisinde sağlamaktadır. Balas'ın yaptığı çalışmada bu tür uygulamaların hastalarla sağlık personeli arasındaki iletişimi güçlendirdiğini ve bakım sürekliliğini artırdığını belirtmiştir (Balas, 1997). Vodopivec ve arkadaşlarının (2012) çalışmasına göre, mobil uygulamaların bilgilendirici ve destekleyici mesajlar sunduğu hamile kadınlar, daha az kaygı yaşamakta ve daha yüksek memnuniyet görülmektedir (Vodopivec vd., 2012). Masjoudi ve arkadaşlarının (2022) hamile

gebelerde gerçekleştirdiği, üreme çağında yaşayan kadınların daha sağlıklı bir yaşam tarzına sahip oldukları ve yüksek stresin yaşandığı bu durumun risk faktörü olarak mevcut olduğu görülüyor. Ancak sosyal desteğin bu olumsuz etkilerin koruyucu bir rol üstlendiği de ortaya konmuştur (Masjouidi vd., 2022).

COVID-19 pandemisi, tele sağlık uygulamalarının hızla alışmamıza sebep oldu. Pandemi sürecinde birçok sağlık kuruluşu, yüz yüze görüşmelerin sınırlanması nedeniyle tele sağlık hizmetlerine yöneldi. Bu değişim, hem hastalar hem de sağlık profesyonelleri için yeni bir çalışma şekli getirdi. Yapılan bir çalışmada, COVID-19 salgını, tele sağlık hizmetlerine olan ilgiyi, talebi ve gelişimini önemli ölçüde arttırdığı sonucuna varılmıştır (Maurice vd., 2020). Bu süreç, sağlık hizmetlerinde erişilebilirliği artırırken, aynı zamanda hizmet sunumunda daha esnek bir yaklaşım geliştirilmesine yardımcı olmuştur. Teknolojinin varlığı ve geliştirilmesi süreci yönetmeyi ve devamlılığını kolaylaştırmıştır. Elektronik tıbbi kayıtlara yapılan büyük yatırım, pandemi sürecinde süreklilik, entegrasyon ve kalite kontrolü için gerekli bir araç olarak değerini kanıtlamıştır (Bashshur vd., 2020).

### **3.2.Uygulamalarla Takibin Getirdiği Potansiyel Riskler ve Zorluklar**

Mobil uygulamaların sağladığı avantajların yanı sıra, bazı potansiyel riskler de bulunmaktadır. Bu riskler; veri güvenliği, internet kesintisi kaynaklı iletişim kopukluğu, tanımlanmayan semptomlar yaşıyorsa hekimini ziyaret etmelidir. Ayrıca bu konuda yetişmiş ve donanımlı personel olmayışı olası risklerdendir. Veri güvenliği en önemli konulardan biridir. Hastaların sağlık verilerinin korunması, uygulamaların güvenli altyapılara sahip olması ve kişisel bilgilerin gizliliği önem taşır. Mobil uygulamaların hastaların verilerini topladığını ancak bu verilerin nasıl saklandığı konusunda yeterli şeffaflığın olmadığını belirtmiştir (Schroeder, 2022). Mobil uygulamaların yaygın kullanımı, özellikle hasta verilerinin korunması açısından önemli güvenlik ve gizlilik sorunlarını beraberinde getirmektedir. Vicente ve arkadaşları yaptıkları çalışma sonucunda düzenlenmesi gereken önemli hususlar arasında gizlilik sorunları veya kötü uygulamalar için sorumluluktan bahsedebileceği sonucuna varmışlardır (Vicente vd., 2022). Bu konuda yasa yapıcıların uygun yasa ve yönetmelikler koruma sağlaması önemlidir.

Buna ek olarak, teknolojiye erişim imkânı olmayan hastalar bu uygulamalardan yararlanamayabilirler. Düşük sosyoekonomik statüye sahip kişiler veya internet erişimi olmayan bölgelerde yaşayan gebeler için bu uygulamaların faydası sınırlı kalabilir. Ayrıca, uygulamalardaki bilgilerin yanlış anlaşılması ya da yanıltıcı olma riski de göz önünde bulundurulmalıdır (Vodopivec, 2012). Tele sağlık uygulamalarının bazı zorlukları da bulunmaktadır. Öncelikle, dijital okuryazarlığı olmayan hastalar için bu tür hizmetlere erişim sorunlu olabilir. Ayrıca, teknolojiye dayalı sağlık hizmetlerinin güvenliği ve mahremiyeti konusunda endişeler mevcuttur. Tanımlanmayan semptomlar yaşayanlar için yeterli destek sağlanamadığında hastaneye başvurulmalıdır.

## **4. GENEL DEĞERLENDİRME VE SONUÇLAR**

Mobil sağlık uygulamaları, riskli gebeliklerin yönetiminde giderek daha fazla önem kazanmaktadır. Anne adayları, bu teknolojiler sayesinde günlük sağlık bilgilerini kolayca izleyebilir, anormal bir durum fark ettiklerinde sağlık profesyonelleriyle hızlıca iletişime geçebilir. Örneğin, mobil uygulamalar, kan basıncı, kalp atış hızı ve kan şekeri gibi önemli parametrelerin düzenli izlenmesine olanak tanır. Aynı zamanda, mobil uygulamalar hasta ve sağlık personeli arasındaki iletişimi güçlendirir. Uzaktan takibe imkân vererek daha esnek ve erişilebilir bir sağlık hizmeti sağlar. Bununla birlikte, bu uygulamaların etkin bir şekilde kullanılabilmesi için, sağlık profesyonelleri tarafından düzenli olarak izlenmesi ve hastalara doğru bilgi sunulması önem taşır. Uygulamaların yalnızca teknoloji odaklı değil, insan odaklı olması gerekmektedir. Aynı zamanda, hastaların uygulamaları doğru bir şekilde kullanabilmesi için detaylı bilgilendirme yapılması ve teknolojinin sağlık hizmetlerine entegrasyonu önemli bir faktördür.

Bir diğer önemli konu da veri güvenliği ve mahremiyet konularıdır. Mobil sağlık uygulamalarının yaygınlaşması, hasta verilerinin korunması ve gizliliği konularında da endişeleri artırmaktadır. Sağlık bilgilerinin dijital ortamda saklanması, olası veri ihlalleri veya kötüye kullanımlara karşı güvenliğin sağlanmasını zorunlu kılmaktadır. Bu nedenle, mobil uygulamaların etkili bir şekilde kullanılabilmesi için, veri gizliliği ve güvenlik protokollerinin güçlü olması gerekmektedir. Sonuç olarak, mobil sağlık uygulamaları, riskli gebeliklerin yönetiminde büyük bir potansiyele sahiptir ve anne bebek sağlığını korumada ve morbidite ve mortalite oranlarının azaltılmasında çok fayda sağlamaktadır. Ancak, bu potansiyelin tam anlamıyla kullanılabilmesi için hem hastaların hem de sağlık profesyonellerinin teknolojiyi etkin kullanabilmesi, uygulamaların düzenli olarak denetlenmesi ve veri güvenliğinin sağlanması gerekmektedir. Bu şekilde, anne ve bebek sağlığı üzerinde pozitif etkiler ortaya çıkabilir, gebelik süreci daha güvenli hale getirilebilir.

Bu çalışma riskli gebelik uygulamaları ile sınırlıdır. Ayrıca 2024 yılına kadar yapılmış olan mobil uygulamalar ve çalışmalar ile sınırlıdır. Gelecekte araştırmacılar aşağıdaki konular üzerine çalışmalar yapabilirler; Giyilebilir teknoloji entegre edilmiş mobil gebe takip uygulamaları, bu uygulamaların ulusal sağlık bilgi sistemlerine entegrasyonu gibi konularda çalışmalar yapılabilir. Ayrıca tüm sağlık personelinin bu tarz uygulamaları kullanmaya uyumu araştırılabilir, gebelerin takibinde çok büyük rolü olan ebelik mesleği eğitim müfredatının buna göre düzenlenmesi önem teşkil etmektedir.

#### **KAYNAKÇA**

1. Schroeder T, Haug M, Gewald H. Data privacy concerns using mHealth apps and smart speakers: comparative interview study among mature adults. *JMIR Form Res.* 2022;6(6):e28025. <https://formative.jmir.org/2022/6/e28025/> (Erişim tarihi:24.11.2024)
2. Gordon WJ, Landman A, Zhang H, Bates DW. Beyond validation: getting health apps into clinical practice. *NPJ Digit Med.* 2020;3:14. <https://www.nature.com/articles/s41746-019-0212-z/> (Erişim tarihi:24.11.2024)



3. Yousefi, S. Khosravi, A. & Fadaei, R. (2021). Impact of mobile health applications on patients' health outcomes: A systematic review. *Journal of Medical Systems*, 45(2), 34-47. (Erişim tarihi:1.11.2024).
4. Vodopivec-Jamsek, V. de Jongh, T. Gurol-Urganci, I. Atun, R., & Car, J. Mobile phone messaging for preventive health care. *The Cochrane database of systematic reviews*, 12(12), CD007457,December,12,12, 2012.
5. Balas, E. A., Jaffrey, F., Kuperman, G. J., Boren, S. A., Brown, G. D., Pinciroli, F., & Mitchell, J. A..Electronic communication with patients: evaluation of distance medicine technology. *Jama*, 278(2), 152-159, July,9,07, 1997.
- 6.<https://www.fiercehealthcare.com/digital-health/babyscripts-teams-lyft-provide-transportation-maternal-health-services>  
(Erişim tarihi:24.11.2024).
7. <https://www.philips.co.id/healthcare/resources/feature-detail/mobile-obstetrics-monitoring>  
(Erişim tarihi:20.11.2024).
- 8.<https://iyiyugulamaornekleri.saglik.gov.tr/TR-92172/yuksek-riskli-gebe-takiplerinin-mobil-cozumler-ile-desteklenmesi.html>  
(Erişim tarihi:19.11.2024).
9. [https://iris.who.int/bitstream/handle/10665/44497/9789241564144\\_eng.pdf?sequence=1](https://iris.who.int/bitstream/handle/10665/44497/9789241564144_eng.pdf?sequence=1)  
(Erişim tarihi:25.11.2024).
10. Lee, S., Ayers, S., & Holden, D. (2014). A metasynthesis of risk perception in women with high risk pregnancies. *Midwifery*, 30(4), 403-411.  
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0266613813001319/> (Erişim tarihi:24.11.2024).
11. Chan, K. L., & Chen, M. (2019). Effects of Social Media and Mobile Health Apps on Pregnancy Care: Meta-Analysis. *JMIR mHealth and uHealth*, 7(1), e11836.  
<https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC6372934/January,30,01,2019>.
12. Lupton, D. (Ed.). (2017). *Self-tracking, health and medicine: Sociological perspectives*. Routledge, London,2018.
13. Cunningham, F. G., Leveno, K. J., Bloom, S. L., Dashe, J. S., Hoffman, B. L., Casey, B. M., & Spong, C. Y. (2018). *Neoplastic disorders. Williams Obstetrics, 25th ed.; McGraw-Hill Education: New York, NY, USA*.
14. Maurice, A. P., Punnasseril, J. E. J., King, S. E., & Dodd, B. R. (2020). Improving Access to Bariatric Surgery for Rural and Remote Patients: Experiences from a State-Wide Bariatric

Telehealth Service in Australia. *Obesity surgery*, 30(11), 4401–4410.  
<https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC7331914/> July,02,07.2020.

15. Gajarawala, S. N., & Pelkowski, J. N. (2021). Telehealth benefits and barriers. *The Journal for Nurse Practitioners*, 17(2), 218-221.,

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1555415520305158/> (Erişim tarihi:25.11.2024). February,02, 2021.

16. Crespo, M., Sánchez, M., & González, F. (2022). Patient engagement through telehealth: An analysis of mobile health applications. *Journal of Medical Internet Research*, 24(3), e30572.

17. Tsoi, K., Yiu, K., Lee, H., Cheng, H. M., Wang, T. D., Tay, J. C., Teo, B. W., Turana, Y., Soenarta, A. A., Sogunuru, G. P., Siddique, S., Chia, Y. C., Shin, J., Chen, C. H., Wang, J. G., Kario, K., & HOPE Asia Network (2021). Applications of artificial intelligence for hypertension management. *Journal of clinical hypertension* (Greenwich, Conn.), 23(3), 568–574. <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC8029548/> February,03,02, 2021.

18. Yelne, S., Chaudhary, M., Dod, K., Sayyad, A., & Sharma, R. (2023). Harnessing the Power of AI: A Comprehensive Review of Its Impact and Challenges in Nursing Science and Healthcare. *Cureus*, 15(11), e49252. <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC10744168/> November,22,11, 2023.

19. Şimşir İ, Mete B, Sağlık Hizmetlerinin Geleceği: Dijital Sağlık Teknolojileri; *Journal of Innovative Healthcare Practices* 2(1), 33-39,May, 17,05, 2021.

20. Dağlar, G., (2022). *Yeni Nesil Fetal Sağlığın Değerlendirilmesinde E-Sağlık Uygulama Örnekleri* . 1.Uluslararası 1. Ulusal Dijital Dünya, Dijital Sağlık, Dijital Ebelik, Sivas, 2022.

21. Masjoudi, M., Khazaeian, S., Malekzadeh, S., & Fathnezhad-Kazemi, A. (2022). Health-promoting behaviors and intermediary social determinants of health in low and high-risk pregnant women: an unmatched case-control study. *BMC pregnancy and childbirth*, 22(1), 445. <https://link.springer.com/article/10.1186/s12884-022-04784-y> (Erişim tarihi:25.11.2024).

22. Kanığ, M., & Eroglu, K. (2020). Gebelikte algılanan sosyal destek düzeyi ile sağlıklı yaşam biçimi davranışları arasındaki ilişkinin incelenmesi. *Psikiyatri Hemşireliği Dergisi*, 11(4), 333-340,Aralık, 2020.

23.<https://www.who.int/news/item/16-10-2024-who-urges-expansion-of-lifesaving-midwifery-care-for-women-and-babies> (Erişim tarihi:24.12.2024).

24. <https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Olum-ve-Olum-Nedeni-Istatistikleri-2023-53709>



(Erişim tarihi:24.12.2024).

25. <https://www.oviahealth.com>

(Erişim tarihi:24.12.2024).

26. <https://data.unicef.org/topic/maternal-health/maternal-mortality/>

(Erişim tarihi:24.12.2024).

27. Baltacı, N. Ve Başer, M. (2020). Riskli gebelerde yaşanan anksiyete, doğum öncesi bağlanma ve hemşireliğin rolü. *Dokuz Eylöl Üniversitesi Hemşirelik Faköltesi Elektronik Dergisi*, 13(3), 206-212. <https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/1203430/>(Erişim tarihi:25.11.2024).

28. Madazlı R ., *Gebelik Ve Sistemik Hastalıklar* I.Baskı İstanbul Kitapevleri 2020.

29. Soğukpınar N ve Saydam B ., *Doğum Öncesi Bakım* .Vize Yayınları 2020.

30. <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/newborn-mortality/>

(Erişim tarihi 23-11-2024).

31.[https://play.google.com/store/apps/details/Pregnancy\\_Tracker\\_App?id=com.hp.pregnancy.lite&hl=en\\_NZ/](https://play.google.com/store/apps/details/Pregnancy_Tracker_App?id=com.hp.pregnancy.lite&hl=en_NZ/)

(Erişim tarihi 23-11-2024)

32. Vicente, M. A., Fernández, C., Guilabert, M., Carrillo, I., Martín-Delgado, J., Mira, J. J., & Prometeo Working Group (2022). Patient Engagement Using Telemedicine in Primary Care during COVID-19 Pandemic: A Trial Study. *International journal of environmental research and public health*, 19(22), 14682. <https://doi.org/10.3390/ijerph192214682> (Erişim tarihi:25.11.2024).

33. Xie, W., Dai, P., Qin, Y., Wu, M., Yang, B., & Yu, X. (2020). Effectiveness of telemedicine for pregnant women with gestational diabetes mellitus: an updated meta-analysis of 32 randomized controlled trials with trial sequential analysis. *BMC pregnancy and childbirth*, 20(1), 198. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32252676/April,06,04,2020>.

34. Musgrave, L. M., Kizirian, N. V., Homer, C. S. E., & Gordon, A. (2020). Mobile Phone Apps in Australia for Improving Pregnancy Outcomes: Systematic Search on App Stores. *JMIR mHealth and Health*, 8(11), e22340.

<https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC7704277/> November,16,11,2020.

35. Bashshur, R. L., Doarn, C. R., Frenk, J. M., Kvedar, J. C., Shannon, G. W., & Woolliscroft, J. O. (2020). Beyond the COVID pandemic, telemedicine, and health care. *Telemedicine and e-Health*, 26(11), 1310-1313..

<https://www.liebertpub.com/doi/10.1089/tmj.2020.0328/> November,5,11,2020.

36. Ren, Y., Qian, P., Duan, Z., Zhao, Z., Pan, J., & Yang, M. (2017). Disparities in health system input between minority and non-minority counties and their effects on maternal mortality in Sichuan province of western China. *BMC public health*, 17(1), 750. <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC5622414/September,29,09,2017>.
37. Enstitüsü, H. Ü. N. E. (2019). 2018 Türkiye nüfus ve sağlık araştırması.

## OBEZİTE KOMPLİKASYONLARI VE EGZERSİZE ETKİLERİ

**<sup>1</sup>Dr. Öğr. Üyesi Yalçın AYDIN**

<sup>1</sup>Malatya Turgut Özal Üniversitesi Sağlık Bilimleri Fakültesi Egzersiz ve Spor Bilimleri Bölümü.  
[yalcin.aydin@ozal.edu.tr](mailto:yalcin.aydin@ozal.edu.tr) ORCID ID:<https://orcid.org/0000-0003-0439-8899>

**<sup>2</sup>Doç. Dr. Ramazan BAYER**

<sup>2</sup>Malatya Turgut Özal Üniversitesi Sağlık Bilimleri Fakültesi Egzersiz ve Spor Bilimleri Bölümü  
[ramazan.bayer@ozal.edu.tr](mailto:ramazan.bayer@ozal.edu.tr) ORCID ID:<https://orcid.org/0000-0002-2161-5886>

### Özet:

Obezite, günümüzde dünya genelinde ciddi sağlık sorunlarına yol açan yaygın bir halk sağlığı problemidir. Obezitenin, kardiyovasküler hastalıklar, tip 2 diyabet, kas-iskelet sistemi rahatsızlıkları gibi komplikasyonları, bireylerin egzersiz performansı üzerinde olumsuz etkiler yaratmaktadır. Obezite, fiziksel aktivite sırasında vücut üzerinde ekstra yük oluşturarak kas-iskelet sistemine zarar verebilir ve kardiyovasküler sistemi zorlayarak bireylerin erken yorulmasına neden olabilir. Araştırmalar, obez bireylerde egzersiz performansının genellikle düşük olduğunu ve aerobik kapasitenin sınırlı kaldığını göstermektedir. Bu çalışma, obezitenin egzersiz performansı üzerindeki etkilerini incelemek amacıyla yapılmıştır. Çalışma için literatür taraması yapılmış ve toplam 13 makale analiz edilmiş, obezitenin kardiyovasküler kapasite, kas dayanıklılığı ve metabolik süreçler üzerindeki etkileri araştırılmıştır. Araştırmada, obez bireylerde egzersiz performansını optimize etmek için uygulanabilecek stratejiler de tartışılmıştır. Obez bireylerdeki eklem zorlanmaları, kardiyovasküler riskler ve metabolik bozukluklar, egzersiz sırasında performansın düşmesine neden olabilir. Bununla birlikte, düzenli egzersiz yapmak, obezitenin komplikasyonlarını azaltabilir ve metabolik sağlığı iyileştirerek insülin duyarlılığını artırabilir. Ayrıca düzenli egzersiz yapmak fiziksel aktivitenin kilo kaybını desteklediği, kardiyovasküler sağlığı koruduğu ve zihinsel sağlığa katkıda bulunduğu belirlenmiştir. Ancak, egzersiz sırasında yaralanma riski ve biyomekanik zorluklar gibi olumsuz etkiler de göz önünde bulundurulmalıdır. Sonuç olarak, obez bireyler için egzersiz programları kişiselleştirilmeli ve düşük yoğunluklu egzersizlerle başlayarak kademeli olarak artırılmalıdır.

**Anahtar Kelimeler:** Obezite, Egzersize Etkileri.

### Abstract

Obesity is a widespread public health problem that causes serious health issues globally. Complications associated with obesity, such as cardiovascular diseases, type 2 diabetes, and musculoskeletal disorders, negatively affect individuals' exercise performance. Obesity can place additional strain on the body during physical activity, leading to damage to the musculoskeletal system and increased cardiovascular strain, which causes individuals to fatigue quickly. Research indicates that obese individuals generally have lower exercise performance and limited aerobic capacity. This study was conducted to examine the effects of obesity on exercise performance. A literature review was carried out, and a total of 13 articles were analyzed, focusing on the effects of obesity on cardiovascular capacity, muscle endurance, and metabolic processes. The study also discussed strategies for optimizing exercise performance in obese individuals. Joint stress, cardiovascular risks, and metabolic disorders in obese individuals can reduce performance during exercise. However, regular exercise can reduce the

complications associated with obesity and improve metabolic health by enhancing insulin sensitivity. Additionally, regular physical activity supports weight loss, protects cardiovascular health, and contributes to mental well-being. Despite these benefits, the risks of injury and biomechanical challenges during exercise must be considered. In conclusion, exercise programs for obese individuals should be personalized, starting with low-intensity exercises and gradually increasing the intensity.

**Keywords:** Obesity, Effects on Exercise.

## Giriş

Obezite, dünya genelinde yaygın bir halk sağlığı sorunu haline gelmiş ve bireylerin fiziksel sağlığı üzerinde önemli komplikasyonlara yol açmaktadır. Obezite, sadece kilo artışı ile sınırlı bir durum değildir; aynı zamanda kardiyovasküler hastalıklar, tip 2 diyabet, bazı kanser türleri, kas-iskelet sistemi rahatsızlıkları ve solunum sorunları gibi birçok ciddi komplikasyona yol açar (Bray ve ark., 2016). Yapılan araştırmalar, obezitenin kardiyovasküler hastalıklar, metabolik bozukluklar ve kas-iskelet sistemi rahatsızlıkları gibi birçok sağlık sorunuyla ilişkili olduğunu ortaya koymuştur (Nguyen ve El-Serag, 2010). Obezitenin egzersiz performansı üzerindeki etkileri, özellikle bireylerin egzersiz kapasitesi, kardiyovasküler dayanıklılığı ve kas kuvveti gibi faktörlerle doğrudan ilişkili olduğu (Hulens ve ark., 2001), egzersiz sırasında vücudun enerji dengesini, kardiyovasküler kapasitesini ve kas-iskelet sistemi üzerindeki yükü önemli ölçüde değiştirebileceği belirtilmiştir (Hills ve ark., 2013). Egzersiz, kilo yönetimi ve obeziteye bağlı komplikasyonların tedavisinde önemli bir araç olmasına rağmen, obez bireylerin egzersiz kapasiteleri ve egzersize verdikleri yanıtlar normal kilolu bireylerle kıyaslandığında genellikle sınırlıdır (Donnelly ve ark., 2009). Bu sınırlamalar, obez bireylerin egzersiz performansını olumsuz etkileyen bir dizi fizyolojik ve metabolik faktörden kaynaklanmaktadır.

Obezite, bireylerin fiziksel aktivitelerini çeşitli yollarla kısıtlar. Obez bireylerde artan vücut kütlesi, fiziksel aktivite sırasında vücut üzerinde daha fazla yük oluşturur, bu da kas-iskelet sistemine ek bir stres getirir (Tomlinson ve ark., 2016). Özellikle aşırı kilo, eklemlere binen yükü artırarak, diz ve kalça eklemlerinde aşınma ve yıpranmalara yol açabilir. Bu durum, hem sporcuların hem de sedanter bireylerin egzersiz sırasında ağrı ve rahatsızlık hissetmelerine ve bu sebeple egzersizi daha erken sonlandırmalarına neden olabilir (Vincent ve ark., 2010). Ayrıca, obezite, kardiyovasküler sistem üzerinde de olumsuz etkilere sahiptir. Obez bireylerde kalp, vücuda gerekli oksijeni sağlamak için daha fazla çalışmak zorunda kalır ve bu da egzersiz sırasında erken yorulmaya ve düşük performansa neden olabilir (Levine, 2015).

Obezite ve egzersiz performansı arasındaki ilişki, birçok çalışmada ele alınmıştır. Hulens ve ark. (2001), obez ve normal kilolu kadınların egzersiz kapasitelerini karşılaştıran

çalışmalarında, obez kadınların aerobik kapasitesinin belirgin şekilde daha düşük olduğunu bulmuşlardır. Bu durum, obezitenin kardiyovasküler sistem üzerindeki olumsuz etkilerinden kaynaklanmaktadır. Obez bireylerde, kalp ve akciğerlerin egzersiz sırasında yeterli oksijen sağlayamaması, erken yorulmaya ve düşük performansa neden olmaktadır. Ayrıca, Ross ve ark. (2000) tarafından yapılan bir çalışma, egzersiz ve diyet yoluyla kilo kaybının, obeziteye bağlı metabolik bozuklukları iyileştirebileceğini ve böylece egzersiz performansını artırabileceğini göstermiştir.

Bu literatür taraması, obezitenin egzersiz performansı üzerindeki etkilerini inceleyerek, bu ilişkinin daha iyi anlaşılmasını sağlamayı amaçlamaktadır. Çalışmada, obezitenin kardiyovasküler kapasite, kas-iskelet sistemi dayanıklılığı ve metabolik süreçler üzerindeki etkileri incelenmiştir. Ayrıca, obez bireylerde egzersiz performansının nasıl optimize edilebileceği ve obezitenin egzersiz sırasındaki etkilerini azaltmaya yönelik stratejiler tartışılmıştır.

## **Yöntem**

### **Literatür Taraması**

Bu çalışmada, obezite komplikasyonları ve egzersiz üzerindeki etkileriyle ilgili literatür taraması gerçekleştirilmiştir. Anahtar kavramlar ve Boolean operatörleri kullanılarak "obezite, egzersiz performansı, metabolik sağlık, kardiyovasküler risk, kas-iskelet sistemi" gibi terimlerle aramalar yapılmıştır. IMRAD formatına (Introduction, Methods, Results, Discussion) uygun bir düzenleme yapılmış ve ilgili veriler PubMed, Web of Science, SPORTDiscus, Cochrane, Embase ve Scopus gibi altı farklı İngilizce veri tabanından toplanmıştır. Yapılan taramalar sonucunda, toplamda 13 makale analiz için seçilmiştir.

### **Veri Toplama ve Analiz**

Seçilen makaleler, obezitenin sporcuların egzersiz performansı ve sağlık üzerine etkileriyle ilgili verileri içermektedir. Bu veriler, bireylerin vücut kitle indeksi (VKİ), metabolik bozuklukları, egzersiz sırasındaki performansları ve obeziteye bağlı komplikasyonların (kardiyovasküler rahatsızlıklar, diyabet vb.) egzersize yanıtlarını kapsamaktadır. Ayrıca bu çalışmalarda, obezitenin fiziksel aktiviteye nasıl etki ettiği ve iyileşme süreçleri üzerindeki rolü incelenmiştir.

### **Verilerin Sentezlenmesi**

Toplanan veriler, obezite ve egzersiz performansı arasındaki ilişkileri inceleyen bir sentezleme sürecine tabi tutulmuştur. Verilerin analizi, obezitenin kardiyovasküler kapasiteyi, kas dayanıklılığını ve genel fiziksel performansı nasıl etkilediğini detaylandırmıştır.

**Table 1.** PICOS Araştırma Tasarımında Kullanılan Araştırma Yöntemi

|                          |                                                                                                                                              |
|--------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>P (Population):</b>   | Dahil etme kriterleri, her yaştan ve cinsiyetten bireyleri, hem profesyonel hem de amatör sporcuları kapsamaktadır.                          |
| <b>I (Intervention):</b> | İncelenen değişkenler arasında obezitenin egzersiz performansı, metabolik sağlık ve kardiyovasküler risk faktörlerine etkisi yer almaktadır. |
| <b>C (Comparison):</b>   | Obez bireyler ile normal kilolu bireyler arasında karşılaştırmalı gruplar oluşturulmuştur.                                                   |
| <b>O (Outcome):</b>      | Birincil sonuçlar, obezite ile egzersiz performansı, kardiyovasküler sağlık ve metabolik süreçler arasındaki ilişkiler olmuştur.             |
| <b>S (Study Design):</b> | Çalışma tasarımlarında herhangi bir sınırlama olmaksızın geniş bir yelpazede araştırmalar değerlendirilmiştir.                               |

Bu yapılandırılmış yöntem, ilgili literatürün sistematik olarak toplanmasını ve analiz edilmesini sağlayarak, obezitenin egzersiz performansı üzerindeki etkileri arasındaki ilişkinin titiz ve kapsamlı bir şekilde incelenmesini sağladı.

### **Tartışma ve Sonuç**

Obezite, günümüzde hızla artan küresel bir halk sağlığı sorunudur ve birçok ciddi komplikasyonla ilişkilendirilmiştir. Obeziteye bağlı komplikasyonlar, metabolik sendrom, tip 2 diyabet, hipertansiyon, dislipidemi ve kardiyovasküler hastalıklar gibi çok çeşitli sağlık sorunlarını kapsar (WHO, 2023). Bu kapsamda egzersiz, obezitenin yönetiminde önemli bir rol oynamaktadır. Ancak egzersizin obez bireyler üzerindeki etkileri hem olumlu hem de olumsuz yönleriyle ele alınmalıdır. Obeziteye eşlik eden fiziksel sınırlamalar ve komplikasyonlar, egzersizin uygulanabilirliğini ve etkinliğini etkileyebilir. Bu nedenle, egzersizin obezite üzerindeki etkilerini değerlendirirken hem kısa hem de uzun vadeli sonuçları göz önünde bulundurmak gerekir.

Egzersizin olumlu etkileri, obezitenin tedavi sürecinde önemli bir yer tutar. Birçok çalışma, düzenli fiziksel aktivitenin kilo kaybını desteklediğini ve obeziteye bağlı oluşabilecek komplikasyon risklerini azalttığını göstermiştir (Swift ve ark., 2014; Ross ve ark., 2000). Örneğin, egzersiz metabolik sağlığı iyileştirir ve insülin duyarlılığını artırarak tip 2 diyabet gelişme riskini azaltır (Colberg ve ark., 2016). Bunun yanı sıra, düzenli egzersiz, kardiyovasküler sağlığı koruyarak hipertansiyon ve dislipidemi gibi sorunların önlenmesine yardımcı olabilir (Lavie ve ark., 2009). Egzersizin bu etkileri, özellikle kardiyovasküler hastalık

riskini azaltmak ve genel mortalite oranlarını düşürmek açısından önemli bir avantaj sağlar (Blair ve ark., 1996). Ayrıca, aerobik egzersizlerin yağ kütlesini azaltarak vücut kompozisyonunu iyileştirdiği ve kas kütlesini artırdığı gösterilmiştir (Haskell ve ark., 2007). Obez bireylerin uyguladıkları egzersizlere bağlı olarak fizyolojik olarak meydana gelen olumlu değişimlere ek olarak psikolojik açıdan da egzersizin olumlu etkileri dikkat çekicidir. Egzersiz, obez bireylerde depresyon ve anksiyete semptomlarını azaltabilir, öz saygıyı artırabilir ve genel yaşam kalitesini iyileştirebilir (Pedersen ve Saltin, 2015). Bunun nedeni, egzersizin beyin üzerinde nöroplastisiteyi artırıcı etkisi ve endorfin salınımını tetikleyici özellikleridir (Dishman ve ark., 2006). Bu etki, sadece fiziksel sağlık üzerinde değil, aynı zamanda zihinsel sağlık üzerinde de olumlu sonuçlar doğurmaktadır.

Egzersiz ve obezite arasındaki olumlu ilişkilere ek olarak ortaya çıkan bazı nedenlerden dolayı egzersize uyum sağlamak obez bireyler için zorlayıcı olabilir. Obez bireyler genellikle düşük fiziksel kondisyon seviyelerine sahip olduğundan, egzersiz programlarına başlamada zorluk yaşayabilirler (Trost ve ark., 2014). Özellikle obezitenin neden olduğu biyomekanik zorluklar, egzersiz sırasında yaralanma riskini artırabilir. Obez bireylerde diz eklemi üzerine binen aşırı yük, osteoartrit gelişimine ve kas-iskelet sistemi yaralanmalarına yol açarak (Vincent ve ark., 2012), obez bireylerin egzersiz programlarına katılımını engelleyebilecek ciddi bir sorun teşkil edebilir. Örneğin, aşırı kilolu bireylerde yürüyüş gibi düşük etkili aktiviteler bile eklem ağrılarına ve yorgunluğa neden olabilir (Messier ve ark., 2013). Ayrıca, obeziteye eşlik eden kardiyovasküler risk faktörleri de egzersiz sırasında kalp krizi gibi ciddi olayların riskini artırabilir (Poirier ve ark., 2006).

Obezitenin egzersiz performansı üzerindeki etkileri, obez bireyler için uygun ve etkili egzersiz programlarının geliştirilmesi açısından büyük önem taşımaktadır. Obez bireyler, egzersiz sırasında karşılaştıkları fiziksel, fizyolojik ve metabolik zorluklar nedeniyle, normal kilolu bireylerden farklı yanıtlar verebilir. Bu nedenle, egzersiz programları hazırlanırken bu bireylerin özgün ihtiyaçlarına odaklanılmalı, egzersiz türü, yoğunluğu ve süresi dikkatle planlanmalıdır. Obez bireylerin egzersize verdikleri yanıtlar incelenirken, özellikle vücut ağırlığı, kas-iskelet sistemi üzerindeki baskı, kardiyovasküler kapasite ve metabolik süreçler göz önünde bulundurulmalıdır (Donnelly ve ark., 2009). Obez bireylerin karşılaştığı zorluklar ve sınırlamalar, uygun egzersiz programları ile aşılabılır, ancak bu süreçte bireysel farklılıklar mutlaka hesaba katılmalıdır. Egzersiz programlarının, obez bireyler için düşük yoğunluklu egzersizlerle başlaması ve zamanla kademeli olarak yoğunluğun artırılması yaygın bir yaklaşımdır. Bu strateji, bireylerin egzersiz alışkanlığı kazanmalarına yardımcı olurken, aynı



zamanda egzersiz sırasında oluşabilecek yaralanma riskini de azaltır. Özellikle eklem sorunları ve kas-iskelet sistemi üzerindeki ekstra yük, obez bireyler için ciddi bir engel olabilir. Dolayısıyla, düşük etkili egzersiz türleri tercih edilmeli, örneğin yüzme, bisiklet sürme veya yürüme gibi egzersizlerle başlanarak bireylerin kondisyonları geliştirilmelidir. Zaman içinde artan egzersiz yoğunluğu, bireylerin kardiovasküler kapasitelerini geliştirebilir ve metabolik sağlık üzerinde olumlu etkiler sağlayabilir.

## Kaynakça

Blair, S. N., Kohl, H. W., Paffenbarger, R. S., Clark, D. G., Cooper, K. H., & Gibbons, L. W. (1996). Physical fitness and all-cause mortality. *JAMA*, 276(3), 205-210.

Bray, G. A., Frühbeck, G., Ryan, D. H., & Wilding, J. P. H. (2016). Management of obesity. *The Lancet*, 387(10031), 1947-1956. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(16\)00271-3](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(16)00271-3)

Colberg, S. R., Sigal, R. J., Yardley, J. E., Riddell, M. C., Dunstan, D. W., Dempsey, P. C., ... & Tate, D. F. (2016). Physical activity/exercise and diabetes: A position statement of the American Diabetes Association. *Diabetes Care*, 39(11), 2065-2079.

Dishman, R. K., Berthoud, H. R., Booth, F. W., Cotman, C. W., Edgerton, V. R., Fleshner, M. R., ... & Zigmond, M. J. (2006). Neurobiology of exercise. *Obesity*, 14(3), 345-356.

Donnelly, J. E., Blair, S. N., Jakicic, J. M., Manore, M. M., Rankin, J. W., & Smith, B. K. (2009). American College of Sports Medicine position stand: Appropriate physical activity intervention strategies for weight loss and prevention of weight regain for adults. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 41(2), 459-471. <https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e3181949333>

Haskell, W. L., Lee, I. M., Pate, R. R., Powell, K. E., Blair, S. N., Franklin, B. A., ... & Bauman, A. (2007). Physical activity and public health: updated recommendation for adults from the American College of Sports Medicine and the American Heart Association. *Circulation*, 116(9), 1081.

Hills, A. P., Byrne, N. M., Lindstrom, R., & Hill, J. O. (2013). 'Small Changes' to diet and physical activity behaviors for weight management. *Obesity Facts*, 6(3), 228-238.

Hulens, M., Vansant, G., Lysens, R., Claessens, A. L., & Muls, E. (2001). Exercise capacity in lean versus obese women. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 11(5), 305-309.

Lavie, C. J., Milani, R. V., & Ventura, H. O. (2009). Obesity and cardiovascular disease: risk factor, paradox, and impact of weight loss. *Journal of the American College of Cardiology*, 53(21), 1925-1932.

Levine, J. A. (2015). Sick of sitting. *Diabetologia*, 58(8), 1751-1758. <https://doi.org/10.1007/s00125-015-3624-6>

Messier, S. P., Loeser, R. F., Miller, G. D., Morgan, T. M., Rejeski, W. J., Sevick, M. A., ... & Ettinger, W. H. (2013). Exercise and dietary weight loss in overweight and obese older adults with knee osteoarthritis: the Arthritis, Diet, and Activity Promotion Trial. *Arthritis & Rheumatology*, 50(5), 1501-1510.

Nguyen, D. M., & El-Serag, H. B. (2010). The epidemiology of obesity. *Gastroenterology Clinics of North America*, 39(1), 1-7. <https://doi.org/10.1016/j.gtc.2009.12.014>

Pedersen, B. K., & Saltin, B. (2015). Exercise as medicine – evidence for prescribing exercise as therapy in 26 different chronic diseases. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 25(S3), 1-72.

Poirier, P., Giles, T. D., Bray, G. A., Hong, Y., Stern, J. S., Pi-Sunyer, F. X., & Eckel, R. H. (2006). Obesity and cardiovascular disease. *Arteriosclerosis, Thrombosis, and Vascular Biology*, 26(5), 968-976. <https://doi.org/10.1161/01.ATV.0000216787.85457.f3>

Ross, R., Dagnone, D., Jones, P. J., Smith, H., Paddags, A., Hudson, R., & Janssen, I. (2000). Reduction in obesity and related comorbid conditions after diet-induced weight loss or exercise-induced weight loss in men: a randomized, controlled trial. *Annals of Internal Medicine*, 133(2), 92-103.

Swift, D. L., Johannsen, N. M., Lavie, C. J., Earnest, C. P., & Church, T. S. (2014). The role of exercise and physical activity in weight loss and maintenance. *Progress in Cardiovascular Diseases*, 56(4), 441-447.

Trost, S. G., Blair, S. N., & Khan, K. M. (2014). Physical inactivity remains the greatest public health problem of the 21st century: evidence, improved methods and solutions using the ‘7 investments that work’ as a framework. *British Journal of Sports Medicine*, 48(3), 169-170.

Tomlinson, D. J., Erskine, R. M., Morse, C. I., Winwood, K., & Onambélé-Pearson, G. (2016). The impact of obesity on skeletal muscle strength and structure through adolescence to old age. *Biogerontology*, 17(3), 467-483.

Vincent, H. K., Heywood, K., Connelly, J., & Hurley, R. W. (2012). Obesity and weight loss in the treatment and prevention of osteoarthritis. *PM&R*, 4(5), S59-S67.

Vincent, H. K., Vincent, K. R., & Lamb, K. M. (2010). Obesity and mobility disability in the older adult. *Obesity Reviews*, 11(8), 568-579. <https://doi.org/10.1111/j.1467-789X.2009.00703.x>

World Health Organization. (2023). Obesity and overweight. Retrieved from <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/obesity-and-overweight>. Erişim Tarihi: 01.09.2024.

## SIVI TÜKETİMİ VE ELEKTROLİT DENGESİ: PERFORMANSA YÖNELİK İYİLEŞTİRME YÖNTEMLERİ

<sup>1</sup>**Dr. Öğr. Üyesi Yalçın AYDIN**

<sup>1</sup>Malatya Turgut Özal Üniversitesi Sağlık Bilimleri Fakültesi Egzersiz ve Spor Bilimleri  
Bölümü, [yalcin.aydin@ozal.edu.tr](mailto:yalcin.aydin@ozal.edu.tr) , ORCID ID-0000-0003-0439-8899

<sup>2</sup>**Eda BAYER**

<sup>2</sup>İnönü Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Beden Eğitimi ve Spor ABD  
ORCID ID-0000-0001-5738-7080

<sup>3</sup>**Doç. Dr. Ramazan BAYER**

<sup>3</sup>Malatya Turgut Özal Üniversitesi Sağlık Bilimleri Fakültesi Egzersiz ve Spor Bilimleri  
Bölümü, [ramazan.bayer@ozal.edu.tr](mailto:ramazan.bayer@ozal.edu.tr), ORCID ID-0000-0002-2161-5886

### Özet

Bu çalışma sıvı tüketimi ve elektrolit dengesinin atletik performans üzerindeki etkilerini inceleyerek, sporcuların performansını ve toparlanma süreçlerini optimize etmek için etkili hidrasyon stratejilerini belirlemek amacıyla yapılmıştır. Çalışmada literatür taraması yöntemi kullanılarak sıvı-elektrolit dengesi, dehidrasyonun etkileri ve optimum performans için gerekli hidrasyon stratejileri hakkında bilgi sunan 15 akademik makale analiz edilmiştir. Literatür taraması kapsamında “sıvı tüketimi, elektrolit dengesi, atletik performans, hidrasyon, dehidrasyon, elektrolit desteği” gibi anahtar kelimeler kullanılarak veri tabanlarında yapılan aramalar sonucu ilgili makaleler seçilmiştir. Çalışma sonucuna göre sıvı kaybı ve elektrolit dengesizliklerinin sporcularda yorgunluk, kas krampları ve performans düşüşlerine neden olabileceği belirlenmiştir. Özellikle sıcak ve nemli koşullarda yapılan egzersizlerde terleme yoluyla önemli miktarda sıvı ve elektrolit kaybı yaşandığını göstermektedir. %1-2 oranında sıvı kaybı bile fiziksel ve bilişsel performansta düşüşe yol açarken, uzun süren egzersizlerde aşırı su tüketiminin hiponatremi riskini artırdığı vurgulanmaktadır. Ayrıca, egzersiz sırasında sodyum ve karbonhidrat içeren içeceklerin, sadece sudan daha etkili olabileceği sonucuna ulaşılmıştır. Egzersiz sırasında sık, kontrollü sıvı alımı yapılmalı ve kaybedilen sodyum takviye edilmelidir. Egzersiz sonrasında ise hızlı toparlanma için kaybedilen sıvı ve elektrolitlerin yerine konulması önemlidir. Buna göre, sporcuların sıvı-elektrolit dengelerini bireysel ihtiyaçlarına göre belirlemeleri gerektiği, egzersiz yoğunluğu, süresi ve çevresel koşullara göre kişiselleştirilmiş hidrasyon stratejileri geliştirmeleri önerilmektedir.

**Anahtar Kelimeler:** Sıvı tüketimi, Elektrolit dengesi, Atletik performans, Sporcu sağlığı.

### Fluid Intake and Electrolyte Balance: Performance-Enhancing Strategies

#### Abstract

This study was conducted to examine the effects of fluid intake and electrolyte balance on athletic performance and to determine effective hydration strategies for optimizing athletes' performance and recovery processes. A literature review method was used to analyze 15 academic articles providing information on fluid-electrolyte balance, the effects of dehydration, and hydration strategies necessary for optimal performance. Through keyword searches such as “fluid intake,” “electrolyte balance,” “athletic performance,” “hydration,” “dehydration,” and “electrolyte supplementation,” relevant articles were selected from databases. According to the study's findings, fluid loss and electrolyte imbalances can lead to fatigue, muscle cramps,

and decreased performance in athletes. Significant amounts of fluid and electrolyte losses occur through sweating, especially during exercise in hot and humid conditions. Even a 1-2% fluid loss can result in declines in physical and cognitive performance, while excessive water consumption during prolonged exercise may increase the risk of hyponatremia. Additionally, it was found that electrolyte and carbohydrate-containing drinks during exercise may be more effective than water alone. During exercise, frequent and controlled fluid intake is recommended, along with sodium supplementation to replace lost electrolytes. Post-exercise, rapid rehydration to replace lost fluids and electrolytes is crucial for recovery. It is recommended that athletes tailor their fluid-electrolyte balance to their individual needs and develop personalized hydration strategies according to exercise intensity, duration, and environmental conditions.

**Keywords:** Fluid intake, Electrolyte balance, Athletic performance, Athlete health.

## Giriş

Atletik performansın sürdürülebilirliği ve en üst düzeyde tutulması, yeterli hidrasyonun ve dengeli elektrolit seviyelerinin korunmasına bağlıdır. Vücutta optimal sıvı dengesinin korunması, kas işlevleri, kardiyovasküler kapasite ve termoregülasyon gibi temel fizyolojik süreçlerin sağlıklı bir şekilde işlemesini desteklemektedir (Kenefick ve Sawka, 2007). Özellikle yoğun fiziksel aktivite sırasında dehidrasyon, sporcuların dayanıklılığını ve güç performansını olumsuz etkileyerek, erken yorgunluğa ve performans düşüşüne yol açabilir (Casa ve ark., 2010; Goulet, 2012). Bu durum, sıcak ortamlarda ve uzun süreli dayanıklılık sporlarında daha da belirgin hale gelir (Shirreffs ve Sawka, 2011). Egzersiz sırasında sıvı kaybı yalnızca su kaybıyla sınırlı değildir; aynı zamanda terle birlikte sodyum, potasyum, magnezyum ve kalsiyum gibi önemli elektrolitler de kaybedilir. Bu kayıplar, sinir iletimi ve kas kasılması üzerinde doğrudan etkili olup, elektrolit dengesizliği durumunda kas krampları, yorgunluk ve koordinasyon kaybı gibi olumsuz sonuçlar ortaya çıkarabilir (Gil-Antunano ve ark., 2009; Grenz, 2010). Özellikle uzun mesafe koşuları gibi dayanıklılık gerektiren sporlarda elektrolit dengesinin korunması, performansın sürdürülebilmesi açısından kritik öneme sahiptir (Rehrer, 2001). Sıvı tüketiminin ve elektrolit dengesinin korunmasının, sporcuların performansını ve iyileşme süreçlerini optimize etmek için temel bir strateji olduğu görülmektedir (Casa ve ark., 2010; Sawka ve ark., 2015).

Sporcuların bireysel hidrasyon ve elektrolit gereksinimlerinin belirlenmesi için kişiselleştirilmiş protokollerin gerekliliğini vurgulamaktadır. Örneğin, uzun mesafeli triatlon veya maraton gibi dayanıklılık sporları için sıvı ve elektrolit takviyesi önerilirken, daha kısa süreli ve yoğun antrenmanlar için sıvı gereksinimleri farklılık gösterebilir (Maughan ve ark., 2004). Bu kapsamda, hidrasyon stratejilerinin kişiye özel olarak düzenlenmesi, sporcuların enerji tüketimini dengelemelerine ve performans düşüşünü en aza indirmelerine katkı

sağlamaktadır (Godek ve ark., 2005; McDermott ve ark., 2017). Sıvı tüketimi, yalnızca performansı artırmakla kalmaz; aynı zamanda egzersiz sonrası toparlanma sürecinde de önemli bir rol oynar. Egzersiz sonrasında hidrasyonun sağlanması, kasların iyileşme sürecini hızlandırmakta ve bir sonraki antrenman veya müsabaka için hazırlık sürecini desteklemektedir (Casa ve ark., 2010). Sıvı ve elektrolit kaybının yeterince yerine konmaması, sporcuların kas yorgunluğunu azaltmak ve sakatlanma riskini minimize etmek için ihtiyaç duyduğu toparlanma sürecini olumsuz yönde etkileyebilir (Kenefick ve Cheuvront, 2012). Bunun yanında, elektrolit dengesi korunmadığında, kas yorgunluğu ve sakatlanma riskleri artmakta ve toparlanma süresi uzayabilmektedir (Goulet, 2012; McDermott ve ark., 2017). Ayrıca, sıcak hava koşullarında yapılan egzersizler sırasında sıvı ve elektrolit kaybının önemi daha da artmaktadır. Sıcak hava koşullarında yapılan aktivitelerde, vücudun sıvı kaybı hızlanır ve bu durum, termoregülasyon süreçlerini bozarak performansı düşürür (Sawka ve ark., 2007). Hidrasyon stratejilerinin, sıcak havalarda ve yüksek yoğunluklu antrenmanlarda daha da önem kazanması gerektiği vurgulanmaktadır (Montain ve Coyle, 1992). Bu koşullarda yapılan araştırmalar, sporcuların elektrolit dengesini korumak ve dehidrasyondan kaynaklanabilecek komplikasyonları önlemek amacıyla sıvı alımına yönelik öneriler geliştirmiştir (Shirreffs ve Maughan, 1998; Buyckx, 2007).

Sıvı tüketiminin dayanıklılık, güç, hız ve toparlanma süreçleri üzerindeki etkileri her spor branşı için farklılık gösterebilmektedir. Buna göre, sporcuların performanslarını artırmak ve uzun vadeli sağlık risklerini azaltmak amacıyla sıvı tüketimi ve elektrolit dengesi konusunda bilinçlenmelerinin gerekliliği önem arz etmektedir. Bu literatür taraması, sıvı tüketimi ve elektrolit dengesinin atletik performans üzerindeki etkilerini inceleyerek, sporcuların performansını ve toparlanma süreçlerini optimize etmek için etkili hidrasyon stratejilerini belirlemek amacıyla yapılmıştır.

## **Yöntem**

### **Literatür Taraması**

Bu çalışmada, sıvı tüketimi ve elektrolit dengesinin atletik performans üzerindeki etkilerine odaklanarak literatür taraması gerçekleştirilmiştir. "Sıvı tüketimi, elektrolit dengesi, atletik performans, hidrasyon, dehidrasyon, elektrolit desteği" gibi anahtar kavramlar ve Boolean operatörleri kullanılarak aramalar yapılmıştır. IMRAD formatına (Introduction, Methods,

Results, Discussion) uygun olarak çalışmanın yapısı düzenlenmiş ve PubMed, Web of Science, SPORTDiscus, Cochrane, Embase ve Scopus gibi altı farklı İngilizce veritabanından veriler toplanmıştır. Yapılan taramalar sonucunda, toplamda 15 makale analiz için seçilmiştir.

### Veri Toplama ve Analiz

Seçilen makaleler, sıvı tüketimi ve elektrolit dengesinin atletik performans üzerindeki etkileriyle ilgili verileri içermektedir. Bu veriler, sporcuların hidrasyon durumları, sıvı ve elektrolit alımının dayanıklılık, hız, güç ve genel atletik performans üzerindeki etkilerini kapsamaktadır. Ayrıca, sıvı kaybı ve elektrolit dengesizliklerinin egzersiz sırasında yorgunluk, kas krampları ve performans düşüşleri üzerindeki rolü incelenmiştir.

### Verilerin Sentezlenmesi

Toplanan veriler, sıvı tüketimi ve elektrolit dengesi ile atletik performans arasındaki ilişkileri inceleyen bir sentezleme sürecine tabi tutulmuştur. Verilerin analizi, optimal hidrasyon ve elektrolit dengesinin dayanıklılığı artırma, kas performansını optimize etme ve genel fiziksel kapasiteyi geliştirmede nasıl bir rol oynadığını detaylandırmıştır.

**Table 1. PICOS Araştırma Tasarımında Kullanılan Araştırma Yöntemi**

|                         |                                                                                                                                              |
|-------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>P (Population)</b>   | Dahil etme kriterleri, farklı yaşlardan ve cinsiyetlerden profesyonel ve amatör sporcuları kapsamaktadır.                                    |
| <b>I (Intervention)</b> | İncelenen değişkenler arasında sıvı tüketimi, elektrolit dengesinin performansa etkileri, hidrasyon protokolleri yer almaktadır.             |
| <b>C (Comparison)</b>   | Optimum hidrasyon durumundaki sporcular ile dehidrate bireyler arasında karşılaştırmalı gruplar oluşturulmuştur.                             |
| <b>O (Outcome)</b>      | Birincil sonuçlar, sıvı tüketimi ve elektrolit dengesi ile dayanıklılık, hız, güç ve genel atletik performans arasındaki ilişkiler olmuştur. |
| <b>S (Study Design)</b> | Çalışma tasarımlarında herhangi bir sınırlama olmaksızın geniş bir yelpazede araştırmalar değerlendirilmiştir.                               |

Bu yapılandırılmış yöntem, sıvı tüketimi ve elektrolit dengesinin atletik performansa olan etkilerinin sistematik olarak toplanmasını ve analiz edilmesini sağlayarak, bu ilişkinin kapsamlı bir şekilde incelenmesini mümkün kılmıştır.

### Tartışma ve Sonuç

Sıvı ve elektrolit dengesi, optimum atletik performans ve sağlık için çok önemlidir. %1-2 oranındaki dehidratasyon, fiziksel ve bilişsel işlevleri bozabilir ve daha yüksek seviyelerde ciddi sonuçlara yol açabilir (Armstrong ve Epstein, 1999). Sporcular, özellikle sıcak koşullarda



önemli günlük su (4-10 L) ve sodyum (3500-7000 mg) kayıpları yaşayabilirler (Shirreffs ve Sawka, 2011). Etkili rehidratasyon, ter kaybını aşan sıvı hacimlerinin tüketilmesini ve özellikle sodyum olmak üzere elektrolitlerin değiştirilmesini gerektirir (Shirreffs, 2001). Kişiselleştirilmiş öneriler için, özellikle su veya tuz eksikliği ve ısıyla ilgili sorunlarda, sıvı-elektrolit durumunun bireysel olarak değerlendirilmesi esastır (Armstrong ve Casa, 2009 ). Hızlı iyileşme (<24 saat) veya ciddi hipohidrasyon (>%5 vücut kütlesi), agresif sıvı ve elektrolit tüketimini gerektirir (Shirreffs ve Sawka, 2011). Değişen sıvı ihtiyaçları nedeniyle genel yönergeler zorlayıcı olsa da, ter kaybını anlamak çeşitli senaryolarda sıvı gereksinimlerini tahmin etmeye yardımcı olabilir (Armstrong ve Epstein, 1999). Sporcularda sıvı-elektrolit dengesini korumak için düzenli izleme ve özel stratejiler hayati önem taşır. Egzersiz sırasında terleme ile kaybedilen sıvı, yeterince telafi edilmezse dehidrasyona yol açabilir ve bu durum fiziksel ve bilişsel performansta azalmaya neden olur. Dehidrasyonun etkileri kaybedilen sıvı miktarına bağlı olarak artar; bu nedenle, sık sık ve az miktarda su içmek önerilir. Ancak aşırı su tüketimi, özellikle uzun süren egzersizlerde (4 saatten fazla) hiperhidrasyon ve hiponatremi riskini artırabilir. Hiponatremi, terleme ile kaybedilen sodyumun yeterince yerine konmaması durumunda ortaya çıkar ve semptomları sodyum seviyeleri 130 mmol/l'nin altına düştüğünde gözlenir. Bu nedenle, uzun süreli egzersizlerde sıvı tüketimi, kaybedilen sıvı ve elektrolit miktarına göre düzenlenmelidir (Convertino ve ark., 1996; Makranz ve ark., 2012).

Bireysel sıvı tüketim stratejilerinin geliştirilmesi, egzersiz performansının korunması açısından oldukça önemlidir. Her bireyin terleme oranı, vücut yapısı, çevresel koşullara yanıtı ve egzersiz yoğunluğu farklıdır; bu nedenle sıvı tüketimi ve elektrolit desteği kişiselleştirilmiş bir yaklaşımla ele alınmalıdır (Armstrong, 2007; Goulet, 2011). Egzersiz öncesi hidrasyon, euhidratik bir durum sağlamak amacıyla aktiviteden birkaç saat önce başlamalıdır. Egzersiz sırasında ise terleme ile kaybedilen elektrolitlerin yerine konması, performans kaybını önlemeye yardımcı olur. Elektrolit ve karbonhidrat içeren içecekler, belirli koşullarda yalnızca suya kıyasla daha faydalı olabilir. Egzersiz sonrasında ise eksik sıvı ve elektrolitlerin hızla yerine konması önemlidir (Wittbrodt, 2003; Stand, 2009). Ayrıca, dayanıklılık sporcularında sıcak ve nemli koşullarda uygun replasman rejimlerine uyulmaması hipohidrasyon ve hiponatremi gibi risklere yol açabilir. Sıvı dengesinin sağlanması, özellikle sıcak ve nemli ortamlarda yapılan egzersizlerde performans sürdürülebilirliği için önemlidir (Montain ve Coyle, 1992; Kenefick ve Cheuvront, 2012; Cheuvront ve Kenefick, 2014).

Elektrolit dengesinin korunması da kas kasılması, sinir iletimi ve sıvı dengesinin sağlanması için büyük önem taşırken (Maughan ve Murray, 2001) sodyum içeriği yüksek içeceklerin sıvı



tutulumu ve hidrasyon açısından yararlı olduğunu da ortaya koyulmuştur (Shirreffs ve ark., 2004). Ancak aşırı su tüketiminin hiponatremi (düşük kan sodyum düzeyi) riskini artırabileceği, bu durumun özellikle uzun süreli dayanıklılık egzersizlerinde ciddi sağlık sorunlarına yol açabileceği belirtilmiştir (Noakes, 2003; Hew-Butler ve ark., 2015).

Egzersiz sırasında sıvı ve elektrolit dengesinin korunması, hem atletik performansı desteklemek hem de sağlık risklerini önlemek açısından kritik öneme sahiptir. Dehidrasyon, fiziksel ve bilişsel işlevlerde belirgin bir azalmaya yol açarken, yeterli sıvı alımının sağlanmaması durumunda dehidrasyonun daha ciddi etkileri görülebilir. Özellikle sıcak ve nemli koşullarda sporcuların su ve sodyum kaybı önemli düzeylere ulaşabilir. Terleme ile kaybedilen sıvı ve elektrolitlerin yeterince yerine konmaması hiponatremi gibi potansiyel olarak tehlikeli durumlara neden olabilir. Bu nedenle, sıvı ve elektrolit dengesinin korunması performansın sürdürülebilirliği ve genel sağlık açısından önemlidir. Sonuç olarak, optimum atletik performans ve sağlık için sıvı ve elektrolit dengesinin korunması gereklidir. Sporcuların sıvı tüketim alışkanlıklarını, bireysel ihtiyaçlarına göre düzenlemeleri ve uygun sıvı-elektrolit dengesini sağlamaları önemlidir.

### Kaynaklar

1. Armstrong, L. E., & Epstein, Y. (1999). Fluid-electrolyte balance during labor and exercise: concepts and misconceptions. *International Journal of Sport Nutrition*, 9(1), 1-12.
2. Armstrong, L. E. (2007). Assessing hydration status: the elusive gold standard. *Journal of the American College of Nutrition*, 26(sup5), 575S-584S.
3. Armstrong, L. E., & Casa, D. J. (2009). Methods to evaluate electrolyte and water turnover of athletes. *Athletic Training & Sports Health Care*, 1, 169-179.
4. Buyckx, M. E. (2007). Hydration and health promotion: A brief introduction. *Journal of the American College of Nutrition*, 26(sup5), 533S-534S.
5. Casa, D. J., Stearns, R. L., Lopez, R. M., Ganio, M. S., McDermott, B. P., Walker, Y., & Yeargin, S. W. (2010). Influence of hydration on physiological function and performance during trail running in the heat. *Journal of Athletic Training*, 45(2), 147-156. <https://doi.org/10.4085/1062-6050-45.2.147>
6. Cheuvront, S. N., & Kenefick, R. W. (2014). Dehydration: physiology, assessment, and performance effects. *Comprehensive Physiology*, 4(1), 257-285.
7. Convertino, V. A., Armstrong, L. E., Coyle, E. F., Mack, G. W., Sawka, M. N., Senay, L. C., & Sherman, W. M. (1996). Exercise and fluid replacement. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 28, 1-7.
8. Gil-Antunano, N. P., Zenarruzabeitia, Z. M., & Camacho, A. M. R. (2009). *Food, nutrition and hydration in sports* (1st ed., pp. 4-26). Madrid: Consejo Superior de Deportes.

9. Godek, S. F., Bartolozzi, A. R., & Godek, J. J. (2005). Sweat rate and fluid turnover in American football players compared with runners in a hot and humid environment. *British Journal of Sports Medicine*, 39(4), 205-211. <https://doi.org/10.1136/bjism.2004.011767>
10. Goulet, E. D. (2011). Effect of exercise-induced dehydration on time-trial exercise performance: A meta-analysis. *British Journal of Sports Medicine*, 45(14), 1149-1156.
11. Goulet, E. D. (2012). Dehydration and endurance performance in competitive athletes. *Nutrition Reviews*, 70(suppl\_2), S132-S136.
12. Grenz, H. (2010). Fuel for the body: Nutrition and athletic performance. *American Journal of Health Education*, 41(4), 1-12.
13. Hew-Butler, T., Rosner, M. H., Fowkes-Godek, S., Dugas, J. P., Hoffman, M. D., Lewis, D. P., ... & Montain, S. J. (2015). Statement of the Third International Exercise-Associated Hyponatremia Consensus Development Conference, Carlsbad, CA, 2015. *Clinical Journal of Sport Medicine*, 25(4), 303-320.
14. Kenefick, R. W., & Sawka, M. N. (2007). Hydration at the work site. *Journal of the American College of Nutrition*, 26(5\_suppl), 597S-603S.
15. Kenefick, R. W., & Cheuvront, S. N. (2012). Hydration for recreational sport and physical activity. *Nutrition Reviews*, 70(suppl\_2), S137-S142.
16. Makranz, C., Heled, Y., Shapiro, Y., Epstein, Y., & Moran, D. S. (2012). Fluid and sodium balance during exercise--standpoint. *Harefuah*, 151(2), 107-110.
17. Maughan, R. J., & Murray, R. (2001). *Sports drinks: Basic science and practical aspects*. CRC Press.
18. Maughan, R. J., King, D. S., & Lea, T. (2004). Dietary supplements. In R. J. Maughan (Ed.), *Food, nutrition and sports performance II* (pp. 153-185). Routledge.
19. McDermott, B. P., Anderson, S. A., Armstrong, L. E., Casa, D. J., Cheuvront, S. N., Cooper, L., & Roberts, W. O. (2017). National Athletic Trainers' Association position statement: Fluid replacement for the physically active. *Journal of Athletic Training*, 52(9), 877-895. <https://doi.org/10.4085/1062-6050-52.9.02>
20. Montain, S. J., & Coyle, E. F. (1992). Influence of graded dehydration on hyperthermia and cardiovascular drift during exercise. *Journal of Applied Physiology*, 73(4), 1340-1350.
21. Noakes, T. D. (2003). Overconsumption of fluids by athletes. *British Medical Journal*, 327(7407), 113-114.
22. Rehrer, N. J. (2001). Fluid and electrolyte balance in ultra-endurance sport. *Sports Medicine*, 31, 701-715.
23. Sawka, M. N., Burke, L. M., Eichner, E. R., Maughan, R. J., Montain, S. J., & Stachenfeld, N. S. (2007). American College of Sports Medicine position stand. Exercise and fluid replacement. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 39(2), 377-390.
24. Sawka, M. N., Cheuvront, S. N., & Kenefick, R. W. (2015). Hypohydration and human performance: Impact of environment and physiological mechanisms. *Sports Medicine*, 45(S1), 51-60. <https://doi.org/10.1007/s40279-015-0395-7>
25. Shirreffs, S. M., & Maughan, R. J. (1998). Volume repletion after exercise-induced volume depletion in humans: Replacement of water and sodium losses. *American Journal of Physiology*, 274(5), F868-F875.

26. Shirreffs, S. M. (2001). Restoration of fluid and electrolyte balance after exercise. *Canadian Journal of Applied Physiology*, 26(Suppl), S228-S235.
27. Shirreffs, S. M., Armstrong, L. E., & Cheuvront, S. N. (2004). Fluid and electrolyte needs for preparation and recovery from training and competition. *Journal of Sports Sciences*, 22(1), 57-63.
28. Shirreffs, S. M., & Sawka, M. N. (2011). Fluid and electrolyte needs for training, competition, and recovery. *Journal of Sports Sciences*, 29(Suppl 1), S39-S46. <https://doi.org/10.1080/02640414.2011.614269>
29. Stand, A. P. (2009). Exercise and fluid replacement. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 39(2), 377-390.
30. Wittbrodt, E. T. (2003). Maintaining fluid and electrolyte balance during exercise. *Journal of Pharmacy Practice*, 16, 45-50.

## KALP YETMEZLİĞİ VE YORGUNLUK

**Melike ALHUN**

Cumhuriyet Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Sivas, Türkiye  
melikealhun@icloud.com – 0009-0001-7084-6728

**Doç. Dr. Tülay KARS FERTELLİ**

Cumhuriyet Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Fakültesi, Sivas, Türkiye  
afertelli@gmail.com-0000-0002-8383-0805

### ÖZET

Kalp yetmezliği, prevalansı giderek daha fazla artan bir hastalıktır. Bu hastalıkta yorgunluk sık yaşanan bir sorundur. Yorgunluğun artması bireylerin sağlıklarını daha kötü algılamalarına ve günlük yaşam aktivitelerinin azalmasına neden olabilmektedir. Yorgunluk anemi, dispne, depresyon ve uyku bozukluğu gibi faktörden etkilenmektedir. Aneminin artışı azalan oksijenlenmeye neden olarak hastaların yorgunluğu daha fazla hissetmelerine neden olacaktır. Yorgunluğu azaltmak için anemiye yönelik öncelikle nasıl beslendiği belirlenmelidir. Sonrasında ise aneminin tedavisinde demir takviyesi ve beslenmenin düzenlenmesi hakkında hasta ve hasta yakınına eğitim verilmesi gerekmektedir. Benzer şekilde azalan oksijenlenme uyku bozukluklarına ve dispneye neden olabilmektedir. Uyku bozuklukları ve dispne birbirleriyle ilişkilidir ve yorgunluğa olan etkileri fazladır. Hemşire, bakım verirken bu semptomları azaltmaya yönelik planlamalar yapmalı ve uygulamalıdır. Yapılan çalışmalarda kısa süreli egzersizlerin uyku bozuklukları, dispneyi ve depresyonu azalttığı ve dolayısıyla yorgunluğu da azalttığı bulunmuştur. Bu nedenle hastalara tolere edebildiği kadarıyla egzersizler yaptırılabilir. Uyku bozuklukları, dispne ve depresyonu azaltmaya yönelik girişimler hastaların yorgunluk düzeylerini azaltacaktır. Kalp yetmezliğinde yaşanan yorgunluk, yaşam kalitesini azalmasına, hastaneye tekrarlı yatışlara ve mortalite oranlarını arttırdığı önemlidir. Bu nedenle hemşireler uygun hemşirelik bakım planlamalarını geliştirmeli ve hastaların kendi bakımlarına katılmalarına yardımcı olmalıdır.

**Anahtar kelimeler:** Kalp yetmezliği, Hemşirelik, Yorgunluk

## GİRİŞ

Kalp yetmezliği (KY), geleneksel olarak kalbin kan pompalama ve/veya kanla dolma yeteneğinin azalmasıyla karakterize bir durum olarak tanımlanmaktadır. Ayrıca yetersiz kalp debisine ve artmış sol ventrikül dolum basıncına bağlı yeterli kalp debisine yol açan kardiyak fonksiyon anormallliği olarak da ifade edilen klinik bir sendromdur (Savarese ve ark, 2022). Kalp yetmezliği gelişmiş olan ülkelerde nüfusun %1-2 sini etkileyen bir sağlık sorunuken (Postigo ve ark, 2020) gelişmekte olan ülkelerde ise önemli ölçüde veri eksikliği mevcuttur (Savarese ve ark, 2022). Düşük sosyoekonomik duruma sahip ülkelerde ise kalp yetmezliği gelişme oranı çok daha yüksektir (Savarese ve ark, 2022). Türkiye’de ise kalp yetmezliğinin prevalansı 2.9’dur. Kalp yetmezliğine yatkınlık oluşturan faktörlerin en önemlileri koroner arter hastalıkları, hipertansiyon, diyabet, obezite ve sigara kullanımıdır (Groenewegen ve ark, 2020). Etnik köken ve ırk insidansı etkileyen faktörlerdendir. Siyah bireyler en yüksek KY insidansı oranına sahiptirler. İleri yaş ve kadın cinsiyet de kalp yetmezliğini etkilediği görülmektedir. (Bozkurt ve ark, 2023). Kalp yetmezliğine özgü olan bazı belirti bulgular ayak bileği ödemi, periferik ödem, juguler vende dolgunluk, ortopne, paroksizmal nokturnal dispne ve pulmoner raller sayılabilir (Sevda Türen, 2018). Bu klinik sendromda, dispne, ödem ve yorgunluk en sık görülen semptomlardır (Kahraman ve ark, 2023).

## YORGUNLUK

Yorgunluk, sağlıklı bireylerde ya da herhangi bir hastalık tanısı almış olan bireylerde efordan bağımsız şekilde dinlenme halinde hissedilen ve günlük aktivitelerini kısıtlayan bir semptomdur. Artan yorgunluk düzeyi hasta bireylerde sağlıklarının daha kötü algılanmasına neden olabilmektedir (Türker ve ark, 2023). Yorgunluğun kalp yetmezliği olan hastaların günlük yaşam aktivitelerinin azalmasına neden olduğu bilinmektedir. Kalp yetersizliği olan hastalarda yorgunluk, dispne, anksiyete gibi psikososyal ve fiziksel semptomların bulunması, hastaların yaşam kalitesini ve günlük yaşam aktivite düzeyini etkilemektedir (Aktan ve ark, 2023). Yapılan bir araştırmaya göre hastaların yorgunluk düzeyi arttıkça yaşam kalitesinin kötüleştiği sonucuna ulaşılmıştır. Hastaların yaşı, tanı süresi ve New York Heart Association sınıflaması arttıkça yaşam kalitesinin kötüleştiği ve yorgunluk düzeylerinin arttığı saptanmıştır (Aktan ve ark, 2023).

## YORGUNLUĞU ETKİLEYEN FAKTÖRLER

Yorgunluk konjestif kalp yetmezliği olan hastaların en önemli semptomlarından biridir. (Aktan ve ark, 2023). Kalp yetmezliğinde yorgunluğun iki türü vardır. Genel yorgunluk ve efor yorgunluğu olarak sınıflandırılmaktadır. Genel yorgunluk; fiziksel, duygusal ve sosyal yönleri bulunmakta, anemi ve depresyonla ilişkisi olduğu belirtilmekte ve altta yatan sebebi tam olarak bilinmemektedir. Efor yorgunluğu ise doğrudan eforla ortaya çıkmaktadır ve dispne ile ilişkilendirilmektedir. Azalmış kalp debisi, zayıf kalp hızı ve azalmış solunum fonksiyonu buna zemin hazırlamaktadır (Pavlovic ve ark, 2024). Yorgunluğu etkileyen faktörler arasında anemi, depresyon, uyku bozukluğu ve dispne gibi faktörler vardır. Bu faktörler aşağıda incelenecek ve uygun hemşirelik bakımları açıklanacaktır.

## Anemi

Aneminin spesifik nedeni hala belirsiz olsa da demir eksikliği kalp yetmezliği olan hastaların %15'inde görülmektedir. Kalp yetmezliğinde demir eksikliği anemiden daha yaygındır. Anemik olmayan kalp yetmezliği olan hastalarda bile %59 yaygınlığa sahiptir. Azalmış egzersiz kapasitesi, yaşam kalitesinde bozulma ve tekrarlı hastaneye yatış ile ilişkilendirilmektedir (Alnuwaysir ve ark, 2021). Ayrıca aneminin yorgunluğa etkisinin büyük olduğu gibi kalp yetmezliğinde yüksek morbidite ve mortalite sebebidir (Siddiqui ve ark, 2022).

**Hemşirelik planlamaları:** Anemi'de yeterli oksijenin taşınamaması sebebiyle yorgunluk daha fazla yaşanabilmektedir. Bu nedenle hemşireler kalp yetmezliği hastalarında hemoglobin, eritrosit, ferritin değerlerini ve oksijenlenmeyi takip edilmelidir. Hastanın anemisini azaltmak için öncelikle nasıl beslendiğini belirlemeli, doğru beslenmeyi hasta ve ailesine anlatmalıdır (Badireddy ve ark, 2023). Anemi tedavisinde demir takviyesi ve diyetinin demirden zengin olması gerekmektedir (Dağ ve ark, 2021).

## Depresyon

Depresyon, günlerce hatta yıllarca sürebilen bireyin yaşamdan keyif alamaması ve umutsuz olması şeklinde tanımlanmaktadır. Psikolojik tanılar içinde en yüksek prevalansa sahip olmakla beraber kalp yetmezliğinde de sık görülmektedir (Kafes Y. , 2021). Depresyonda yorgunluk sıkça görülmektedir (Frost ve ark, 2020). Yüksek depresyon seviyesinin aynı zamanda yüksek mortalite oranlarına neden olduğu bilinmektedir. Depresyon seviyesinin iyileştirilmesinin yaşam kalitesinin artmasını sağladığı belirtilmektedir (Sbolli ve ark, 2020). Kalp yetmezliği olan hastalara gevşeme egzersizleri eğitimi verilmesinin ve uygulatılmasının, depresyonu ve yorgunluğu iyileştirildiği belirtilmektedir (Gülbahar ve ark, 2020). Ayrıca bilişsel-davranışsal terapinin de depresyon seviyelerini azalttığı ve yaşam kalitesini arttırdığı görülmektedir (Sbolli ve ark, 2020).

**Hemşirelik planlamaları:** Depresyonda yorgunluk sıkça görülmektedir (Frost ve ark, 2020). Ayrıca kalp yetmezliği mortalitesini artırdığı gerekçesiyle hemşirelerin hastayı sadece fiziksel hastalık olarak değil bir bütüncül olarak gözlemlemesi gerekmektedir (Sbolli ve ark 2020). Depresyonda bireylerin stresörlerden uzak tutulup depresyonla baş etmeleri sağlanmalıdır (Kızılkaya ve ark, 2022). Hafif veya orta şiddetteki bir egzersizden depresyon düzeyini azalttığı gerekçesiyle hastalara tolere edebileceği kadarıyla egzersiz planlanabilir. Hastaların ağrı ve uyku düzeyleri depresyonu etkileyebileceğinden buna yönelik girişimlerle kontrol altına alınmalıdır. Omega-3 depresyon düzeyinin düşürülmesinde yardımcı olabilir bu nedenle kalp yetmezliği olan hastaların diyetine eklenebilir (Sbolli ve ark, 2020).

## Uyku Bozuklukları

Sol kalp yetmezliğinde dispne pulmoner konjesyona bağlı olarak görülmektedir. Dekompanze dönemde hastada paroksizmal nokturnal dispne görülmektedir. Paroksizmal nokturnal dispne birey uyku halindeyken dispne nedeniyle uyanması olarak tanımlanmaktadır (Koldaş ve ark, 2020). Uyku kalitesinin azalması bireylerde yorgunluk düzeylerinin arttırdığı görülmektedir (Şirin ve ark, 2021). Bakım veren hemşirelerin kalp yetmezliği olan hastalarını



uyku bozuklukları belirtileri yönünden değerlendirmesi, etkileyen faktörleri belirlemesi, nonfarmakolojik yöntemleri bakımına dahil etme gibi rol ve sorumluluklarına uyması gerekmektedir. Yapılan bir çalışmada nonfarmakolojik bakım olarak dinlendirici bir çevre sağlanmasının, uygun pozisyon verilmesinin, aktivite planlanmasının, gevşeme egzersizleri hastaya öğretilmesinin ve uygulanmasının uyku bozukluklarını azalttığını belirtilmiştir (Avcı ve ark, 2020).

**Hemşirelik planlamaları:** Uyku bozukluklarının hastaneye tekrarlı yatışlara neden olduğundan dolayı hemşireler hastaları uyku bozuklukları belirtileri yönünden izlemelidir, etkili yöntemleri uygulamalı ve hastaya eğitim vermelidir. Uyku bozukluğu olan hastaların bakımında nonfarmakolojik yöntemler kullanmalı ve bunların kanıta dayalı olması gerekmektedir. Çevre gürültü ve ışık yönünden düzenlenebilir, hastaya uygun pozisyon verilebilir, fazla yastıkla uyuması sağlanabilir, tedavi saatleri hastanın uyanık olduğu saatlerde planlanabilir, hastayı egzersize teşvik edilebilir, gevşeme ve solunum egzersizleri hastaya yaptırılabilir ve öğretilir (Avcı ve ark, 2020).

## Dispne

Dispne kalp yetmezliğinde görülen en çok semptomlardan birisidir (Kahraman ve ark, 2023). Dispne şiddeti attıkça yorgunluğun ortaya çıktığı bilinmektedir (Yılmaz, C. K., 2020). Yapılan bir deneysel araştırmada 5A modeline dayalı öz yönetim programının dispne ve yorgunluğa olan etkisi incelenmiştir. Uygulama grubuna 5 ayrı aşamadan oluşan hastanın değerlendirilmesi, hastaya yaşam değişiklikleriyle ilgili tavsiyeler verilmesi, hasta ile araştırmacı hakkında gerçek bir hedef belirlenmesi, danışmanlık/eğitim verilmesi ve hastanın takibi için günlük/haftalık telefon görüşmelerini içeren bir program uygulanmıştır. Araştırmanın sonucunda öz yönetimin programının uygulandığı grubun yorgunluk ve dispne şiddetinin azalttığı ve yaşam kalitesinin arttığı bulunmuştur (Hajmohamadi ve ark, 2023).

**Hemşirelik planlamaları:** Hemşireler dispne yaşayan hastalarda bu semptomun bakımına yönelik öncelik vermeleri gerekmektedir. Derin solunum ve öksürme egzersizleri hastaya öğretilir ve uygulanabilir. Hastanın uyurken dispne yaşamaması için uygun pozisyon verilebilir. Ayrıca oksijen tedavisi ve bronkodilatör uygulanması dispne yönetiminde çok önemlidir (Akan ve ark, 2020).

## SONUÇ VE ÖNERİLER

Yorgunluğun yaşam kalitesini azalttığı, hastaneye tekrarlı yatışları arttırdığı ve kalp yetmezliğine bağlı mortaliteyi arttırdığı gerekçesi ile yorgunluğa daha fazla önem verilmesi gerekmektedir. Solunum egzersizleri, fiziksel egzersizleri yaptırılması ve uyku kalitesinin artırılması ile ilgili yapılan çalışmalarda yorgunluğun azaldığı ve yaşam kalitesinin arttığı kanıtlanmıştır. Hemşirelerin bakım verirken bu faktörleri göz önünde bulundurarak bakım vermeleri ve hastaların da kendi bakımına katılmalarına yardımcı olmaları gerekmektedir.

## KAYNAKLAR



- Savarese, G., Becher, P. M., Lund, L. H., Seferovic, P., Rosano, G. M., & Coats, A. J. (2022). Global burden of heart failure: a comprehensive and updated review of epidemiology. *Cardiovascular research*, 118(17), 3272-3287.
- Kahraman, Ü., Yağdı, T., & Engin, Ç. (2023). İleri kalp yetersizliği. *Türkiye Klinikleri Pharmacy Sciences-Special Topics*, 3(1), 27-30.
- Postigo, A., & Martínez-Sellés, M. (2020). Sex influence on heart failure prognosis. *Frontiers in Cardiovascular Medicine*, 7, 616273.
- Savarese, G., Becher, P. M., Lund, L. H., Seferovic, P., Rosano, G. M., & Coats, A. J. (2022). Global burden of heart failure: a comprehensive and updated review of epidemiology. *Cardiovascular research*, 118(17), 3272-3287.
- Groenewegen, A., Rutten, F. H., Mosterd, A., & Hoes, A. W. (2020). Epidemiology of heart failure. *European journal of heart failure*, 22(8), 1342-1356.
- Bozkurt, B., Ahmad, T., Alexander, K., Baker, W. L., Bosak, K., Breathett, K., ... & Ziaieian, B. (2023). TEMPORARY REMOVAL: Heart Failure Epidemiology and Outcomes Statistics: A Report of the Heart Failure Society of America. *Journal of Cardiac Failure*, S1071-9164.
- Aktan, I., & Ünsar, S. (2021). Kalp yetersizliği olan hastalarda yorgunluk ve yaşam kalitesinin değerlendirilmesi. *Sakarya Üniversitesi Holistik Sağlık Dergisi*, 6(2), 256-268.
- Pavlovic, N., Ndumele, C. E., Abshire Saylor, M., Szanton, S. L., Lee, C. S., Shah, A. M., ... & Leoutsakos, J. M. (2024). Identification of fatigue subtypes and their correlates in prevalent heart failure: A secondary analysis of the Atherosclerosis Risk in Communities Study. *Circulation: Cardiovascular Quality and Outcomes*, 17(2), e010115.
- Siddiqui, S. W., Ashok, T., Patni, N., Fatima, M., Lamis, A., & Anne, K. K. (2022). Anemia and heart failure: A narrative review. *Cureus*, 14(7).
- Akan, D. D., & Caydam, O. D. (2023). Kalp Yetersizliği Olan Hastanın Henderson Hemşirelik Modeli'ne Göre Değerlendirilmesi: Olgu Sunumu. *Adnan Menderes Üniversitesi Sağlık Bilimleri Fakültesi Dergisi*, 7(2), 447-457.
- Hajmohamadi, M., Sabzvari, S., Jahani, Y., & Imani-Goghary, Z. (2021). Investigating the effectiveness of self-management program based on 5A model on fatigue and dyspnea in patients with heart failure. *CLINICAL STUDY*, 821, 826.
- Şirin, A., & Deniz, S. Y. (2021). Hastanede yatan hastaların uyku kalitesi ve uyku durumlarını etkileyen faktörlerin değerlendirilmesi. *Disiplinlerarası Yenilik Araştırmaları Dergisi*, 1(2), 148-155.
- Avcı, A., & Gün, M. (2020). Kalp yetersizliği hastalarında uyku sorunları ve nonfarmakolojik tedavi yöntemleri. *Türk J Cardiovasc Nurs*, 11(25), 90-99.

- Alnuwaysir, R. I., Hoes, M. F., van Veldhuisen, D. J., van der Meer, P., & Grote Beverborg, N. (2021). Iron deficiency in heart failure: mechanisms and pathophysiology. *Journal of clinical medicine*, 11(1), 125.
- Türen, S. (2018). Yoğun bakımda akut kalp yetersizliği ve hemşirelik yönetimi. *Yoğun Bakım Hemşireliği Dergisi*, 22(2), 73-79.
- Türker, D., & İnal, Ö. (2023). Yetişkin Bireylerde Vücut Farkındalığı, Yorgunluk ve Duyusal İşleme İlişkisinin İncelenmesi. *Ergoterapi ve Rehabilitasyon Dergisi*, 11(2), 37-44.
- Kafes, A. Y. (2021). Depresyon ve anksiyete bozuklukları üzerine bir bakış. *Humanistic Perspective*, 3(1), 186-194.
- Gülbahar, M., & Gök Metin, Z. (2020). Kalp Yetersizliği Semptom Yönetiminde Klasik Masaj ve Gevşeme Egzersizi Kullanımı. *Journal of Traditional Medical Komplementer Therapies*, 3(2).
- Sbolli, M., Fiuzat, M., Cani, D., & O'Connor, C. M. (2020). Depression and heart failure: the lonely comorbidity. *European journal of heart failure*, 22(11), 2007-2017.
- Dağ, A., & Kıyak, E. (2021). Demir eksikliği anemisi hastalarında yorgunluğun değerlendirilmesi. *İnönü Üniversitesi Sağlık Hizmetleri Meslek Yüksek Okulu Dergisi*, 9(2), 594-603.
- Koldaş, Z. L., & Polat, F. (2020). Kalp Hastalıklarında Solunum Sistemi Yansımaları. *Türkiye Klinikleri Pulmonary Medicine-Special Topics*, 13(1), 6-15.
- Badireddy, M., Baradhi, K. M., & Wilhite (Hughes), A. (2023). Chronic Anemia (Nursing). In *StatPearls*. StatPearls Publishing.
- Frost, R., Nair, P., Aw, S., Gould, R. L., Kharicha, K., Buszewicz, M., & Walters, K. (2020). Supporting frail older people with depression and anxiety: a qualitative study. *Aging & mental health*, 24(12), 1977–1984. <https://doi.org/10.1080/13607863.2019.1647132>
- Kızılkaya, M., Kocairi, C., Yüksel, R., & Şahin, (2022) M. Neuman Sistemler Modeli'ne Göre Majör Depresyon Tanılı Hastanın Hemşirelik Bakımı: Olgu Sunumu. *Ege Üniversitesi Hemşirelik Fakültesi Dergisi*, 38(1), 71-79.
- Yılmaz, C. K. (2020). Hastanede Yatan kronik obstrüktif akciğer hastalığı olan bireylerde dispne şiddeti ve genel konfor düzeyi arasındaki ilişkinin belirlenmesi. *Dokuz Eylül Üniversitesi Hemşirelik Fakültesi Elektronik Dergisi*, 13(4), 222-230.

## KALP YETMEZLİĞİ VE ÖZ BAKIM

**Kübra EVRAN**

Cumhuriyet Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Sivas, Türkiye  
kubraevren27@gmail.com– 0009-0003-2890-698X

**Doç. Dr. Tülay KARS FERTELLİ**

Cumhuriyet Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Fakültesi, Sivas, Türkiye  
afertelli@gmail.com-0000-0002-8383-0805

### ÖZET

Kalp yetmezliği, kalbin yapısal veya fonksiyonel bozuklukları sonucu dokulara yeterli kanın iletilmemesiyle ortaya çıkan bir sendromdur. En yaygın nedeni sol ventrikül fonksiyonunun azalmasıdır. Kalp yetmezliği, genellikle yaşla birlikte artan bir prevalansa sahiptir. Tedavinin hedefi, semptomları hafifletmek, prognozu iyileştirmek ve mortaliteyi azaltmaktır. İlaç tedavisi ve öz bakım, hastaların yaşam kalitesini artırarak hastaneye yatışları azaltabilir. Hastalığın yönetiminde öz bakım, hastaların sağlıklarını korumak ve yaşam kalitelerini artırmak için hayati bir rol oynamaktadır. Öz bakım, bireylerin sağlığı koruma ve hastalıkları önleme amacıyla gerçekleştirilen tüm eylemleri kapsar ve kalp yetmezliği hastalarında da bu davranışlar, hastalığın seyrini iyileştirme açısından önemlidir. Etkili öz bakım davranışlarına sahip hastalar, daha düşük öz bakım seviyesindeki hastalara göre daha yüksek yaşam kalitesine, daha düşük ölüm oranlarına ve daha az hastaneye yatışa sahiptir. Bu nedenle hastaların öz bakım alışkanlıklarının güçlendirilmesi, hastalığın yönetiminde kritik öneme sahiptir. Etkili öz bakımın temel bileşenleri arasında kilo yönetimi, beslenme düzeni, tuz ve sıvı alımının kısıtlanması, tedaviye uyum, semptom yönetimi ve fiziksel aktivite yer alır. Hemşireler, kalp yetmezliği hastalarına eğitim ve destek vererek, hastaların öz bakımını geliştirerek bağımsızlık kazanmalarını sağlayabilirler. Hastaların tedaviye uyumlarını artırarak, semptomları yönetmelerine ve sağlıklı yaşam tarzını benimsemelerine yardımcı olurlar. Hastalara verilen bakımının amacı, onların öz bakım gereksinimlerinin karşılamalarına yardımcı olmak ve onların bağımsız olmalarını sağlamaktır. Bu nedenle, kalp yetmezliği hastalarına yönelik öz bakım eğitiminin güçlendirilmesi ve hemşirelik müdahalelerinin artırılması gereklidir.

**Anahtar kelimeler:** Kalp yetmezliği, Hemşirelik, Öz Bakım

### GİRİŞ

Kalp yetmezliği, kalbin yapısında veya işlevlerinde meydana gelen bozukluklar sonucunda, efor veya dinlenme sırasında dokulara yeterli kanın iletilmemesi, kalp debisinin düşmesi ve intrakardiyak basıncın artmasıyla kendini gösteren bir klinik sendromdur(Tiryaki ve ark. 2020). Kalp yetmezliğinin en yaygın nedeni sol ventrikül miyokard fonksiyonunun azalmasıdır. Miyokard, perikard, endokard, kalp kapaklarının fonksiyon bozukluğu da kalp yetmezliği ile ilişkilidir. Kalp yetmezliğine neden olan bazı patojenik mekanizmalar arasında ise artmış

hemodinamik aşırı yüklenme, iskemi ile ilişkili disfonksiyon, aşırı nöro-humoral stimülasyon, anormal miyosit kalsiyum döngüsü, ekstraselüler matrisin aşırı veya yetersiz proliferasyonu, yer alır ( Inamdar, 2016).

Kalp yetmezliği, dünyada olduğu gibi ülkemizde de giderek daha sık görülen bir sağlık sorunu haline gelmiştir. Dünya genelinde kalp yetmezliği prevalansına bakıldığında, bu oranın yaşla birlikte arttığı ve özellikle 70-80 yaş aralığında %10-20 düzeylerine ulaştığı tahmin edilmektedir (Türen, 2018). Kalp yetmezliği olan kişi sayısının 26 milyonu aştığı bilinmekte olup, bu sayının giderek artacağı öngörülmektedir. 2030 yılına kadar bu rakamın %25 oranında artması beklenmektedir (DiNicolantonio ve ark., 2016). Amerika’da yetişkin kalp yetmezliği hastası sayısının 6.5 milyona, Türkiye’de ise 2.5-3 milyona ulaşacağı tahmin edilmektedir (Rice ve ark. 2018).

Risk faktörleri arasında koroner arter hastalığı, miyokard enfarktüsü, hipertansiyon, diyabet, obezite, sigara ve alkol kullanımı, atriyal fibrilasyon bulunmaktadır (Malik.A ve ark 2023). Kalp yetmezliği, etkilenen bölgeye göre sol ventrikül, sağ ventrikül veya biventriküler olarak; başlangıç süresine göre ise akut ya da kronik olarak sınıflandırılır. Klinik açıdan kalbin fonksiyonel durumuna bağlı olarak; korunmuş ejeksiyon fraksiyonlu kalp yetmezliği (HFpEF) ve azalmış ejeksiyon fraksiyonlu kalp yetmezliği (HFrEF) olarak iki ana türe ayrılır ( Inamdar, 2016).

Kalp yetersizliğinde en sık görülen klasik klinik belirtiler arasında, pulmoner damar konjesyonuna bağlı dispne, konjesyonun ardından gelişen interstisyel ve pulmoner ödem nedeniyle ortaya çıkan kuru öksürük, artan pulmoner vasküler basınca bağlı paroksizmal noktürnal dispne, azalan doku perfüzyonuna bağlı yorgunluk ve sağ ventrikül disfonksiyonu sonucunda görülen hepatomegali ile abdominal distansiyon gibi gastrointestinal semptomlar bulunmaktadır (Şabanoğlu, 2023).

Kalp yetmezliğinde tedavinin temel hedefleri, prognozu iyileştirmek, mortaliteyi düşürmek ve kardiyak ile periferik fonksiyon bozukluklarını tersine çevirerek veya bu süreçleri yavaşlatarak semptomları hafifletmek ve morbiditeyi azaltmaktır (Inamdar, 2016). Tıbbi tedavide kullanılan diüretikler, beta blokerler, anjiyotensin dönüştürücü enzim inhibitörleri, anjiyotensin reseptör blokerleri, hidralazin ve nitrat kombinasyonu, digoksin ve aldosteron antagonistleri, hastaların semptomlarında iyileşme sağlayabilir ve kalp yetmezliği sınıflandırmasına ve semptomların şiddetine göre hastalar için uygun görülmektedir. Bu ilaçların kombinasyon tedavisi ise tedavi sonuçlarını iyileştirir ve hastaneye yatış oranlarını düşürür (Malik ve ark. 2023). Tıbbi tedaviye ek olarak bireyden, ilaçlarını düzenli kullanması, doktor kontrollerini aksatmaması, beslenme alışkanlıklarını değiştirmesi, semptomlarını takip edip yönetmesi, kendi sağlığının sorumluluğunu üstlenmesi, öz bakımını yerine getirmesi ve mümkün olduğunca bağımsız hareket etmesi beklenir (Tiryaki ve ark. 2020). Kalp yetmezliği hastalarında etkili öz bakımın yaşam kalitesini arttırdığı ve hastaneye yatış oranlarını azalttığı görülmektedir (Jaarsma ve ark. 2021). Bu derlemenin amacı kalp yetmezliği hastalarında öz bakımın incelenmesidir.

## KALP YETMEZLİĞİ HASTALARINDA ÖZ BAKIM

Öz bakım, sağlığı korumak amacıyla sağlığı geliştiren ve hastalıkları önlemeye yönelik uygulamaları içeren bir süreç olarak tanımlanabilir (Jaarsma ve ark. 2021). Kalp yetmezliğiyle ilişkili öz bakım davranışları ise hastaların sağlıklarını korumak ve desteklemek amacıyla kendilerine yönelik uyguladıkları eylemleri kapsar (Cheng ve ark. 2021). Etkili öz bakım davranışlarına sahip hastalar, daha düşük öz bakım seviyesine sahip hastalara kıyasla daha yüksek bir yaşam kalitesine, ayrıca daha düşük ölüm ve yeniden hastaneye yatış oranlarına sahiptir (Jaarsma ve ark. 2021). Kalp yetmezliği hastalarında zayıf öz bakım davranışının, daha genç yaş, erkek cinsiyet, bekar medeni durum, düşük sosyoekonomik düzey, yüksek hastalık şiddeti ve yoğun semptom sıkıntısı, daha fazla ek hastalık, düşük hastalık bilgisi, yetersiz sosyal destek ve depresyon ile ilişkili olduğu gözlemlenmiştir. Bir hemşire tarafından sağlanan yoğun ve bireyselleştirilmiş eğitim ve desteğin, hastaların öz bakım davranışlarını artırdığı görülmekle birlikte, bazı hastalar hâlâ yargılama ve karar verme konusunda zorluklar yaşadıklarını bildirmektedir (Cheng ve ark. 2021). Öz bakım; öz bakımın sürdürülmesi, öz bakım takibi ve öz bakım yönetimi olarak üç temel kavrama dayanır (Jaarsma ve ark. 2021). Kalp yetmezliği hastalarında hastalığın stabilliğini koruyabilmek, yaşam kalitesini arttırmak ve hastane yatışlarını azaltmak için uygulanması gereken öz bakım davranışları şu şekildedir.

**Kilo Yönetimi;** Fazla kilo kalp yetmezliği semptomlarının kötüye gitmesine, sol ventrikülün ağırlığının ve gerginliğinin artmasına neden olur. Bu durumlar hastanın yaşam kalitesinde azalmaya yol açar. Kalp yetmezliği hastalarında görülen kaşeksi ise konjesyon, inflamasyon ve nöro hormonal aşırı aktivasyonla bağlantılı olup, sonuç olarak artan mortalite riskine katkıda bulunmaktadır. Mortaliteyi azaltmak için bireylere uygun beslenme alışkanlığı kazandırılmalıdır ve bireylere her gün düzenli olarak tartılması gerektiği açıklanmalıdır (Jaarsma ve ark. 2021).

**Beslenme;** Bireye uygun diyet programı hazırlanmalıdır. Diyet içeriğinde tam tahıllı ürünler, Tighe ve arkadaşlarının yaptığı çalışmada tam tahıllı besinlerin kan basıncını düzenlediği ve kardiyovasküler hastalık riskini azalttığı görülmüştür. Meyve ve sebzeler, vitamin, mineral ve antioksidan içeriği yüksek besinlerdir. Antioksidan lipid peroksidasyonunu azaltarak ateroskleroz oluşumunu önler. Kuru baklagiller, protein ve mineralden zengindirler. Düşük kolesterol ve kan basıncıyla bağdaştırılmaktadır. Zeytinyağının, antiinflamatuvar, tansiyon ve kolesterol düşürücü, kardiyovasküler hastalıklara karşı koruyucu etkileri bulunmaktadır. Balıktaki, Omega 3 içeriği trigliseriti azaltmaya ve kalp damar sağlığının korunmasına yardımcı olur (Özer ve ark. 2021).

**Tuz ve Su Alımının Kısıtlanması;** Kalp yetersizliği durumunda meydana gelen fizyolojik değişimler, kalbin iş yükünün artmasına neden olur. Vücudun metabolik ihtiyaçlarını karşılayacak düzeyde kalp debisini sağlamak için kompanseasyon mekanizmaları devreye girer. Bu süreçte, nöro hormonal aktivasyon ve bazı anormalliklere bağlı olarak sodyum ve sıvı tutulumu ortaya çıkar. Hastalarda uygulanan sodyum kısıtlamasının kalp yetmezliği üzerine etkisi bazı çalışmalarda incelenmiştir. Arcand ve arkadaşları günlük 2,8 gramdan fazla sodyum tüketen kalp yetersizliği hastalarının, 1,9 gramdan az sodyum alanlara kıyasla hastaneye yatış ve mortalite oranlarının 2,5 kat daha yüksek olduğunu bulmuşlardır (Konal ve ark. 2017).

Şiddetli kalp yetmezliği hastalarında sıvı alımını 1,5-2 L arasında kısıtlamanın görülen belirti ve bulguları hafiflettiği düşünülmektedir (Jaarsma ve ark. 2021).

**Tedaviye Uyum;** Hastanın tıbbi tedavisine düzenli olarak uyması sağlanmalıdır. Tedavinin önemini, faydalarını ve görülebilecek yan etkileri anlaması sağlanır. Tıbbi tedaviye uyumun fiziksel performans düzeyini ve yaşam kalitesini iyileştirdiği, hastane yatışları azalttığı görülmektedir (Jaarsma ve ark. 2021).

**Semptom Yönetimi;** Hasta hastalığın semptomlarını tanıyabilmeli ve kendinde görülen değişimleri tespit edebilmeli, bireyde sıvı yüklenmesi ve ek hastalıklar nedeniyle dispne, aşırı sıvı yüklenmesine bağlı ödem, böbrek yetmezliği ve anksiyeteye bağlı bulantı ve kusma, dehidratasyon ve diüretik gibi ilaçların yan etkisine bağlı susuzluk gibi semptomların hasta tarafından yönetilebilmesi yaşam kalitesini artırıp hastaneye yatışları azaltması beklenmektedir (Jaarsma ve ark. 2021)

**Aktivite;** Kalp yetmezliği hastalarında egzersiz, dolaşımdaki katekolamin seviyelerini düşürür, antiinflamatuvar ve antioksidan etkiler gösterir, periferik vazokonstriksiyonu hafifletir ve endotel fonksiyonlarını iyileştirerek endotel onarımını destekler. Egzersiz hasta da fiziksel kapasiteyi artırarak mortalitenin azalmasına ve normal yaşam tarzına devam edebilmesine yardımcı olur (Çaylan ve ark. 2020).

## KALP YETMEZLİĞİNDE ÖZ BAKIM VE HEMŞİRELİK

Kalp yetmezliği hastalarının öz bakım yönetimleri ve yaşam kaliteleri arasında bir bağlantı vardır. Hastaların öz bakım davranışlarının yetersiz kaldığı durumlarda hemşireler bakım verici rolleriyle onlara destek olmaktadır (Günbaş, 2021). Hemşirelik bakımının temel amacı, öz bakımını gerçekleştiremeyen bireylere ihtiyaçlarını karşılayabilecek duruma gelmeleri için destek olmak, hastalık nedeniyle ortaya çıkan öz bakım gereksinimlerini karşılayacak şekilde kapsamlı bakım sunmak ve hastaların bilgi eksikliklerini gidermektir (Kalkan ve ark.2021). Orem'in öz bakım modeline göre, hastalar öz bakım gereksinimlerini karşılayamadıklarında başka birinin desteğine ihtiyaç duyar. Bu modelde hemşire, hastanın gereksinimlerini karşılamasına yardımcı olur. Orem, hemşirenin hastaya nasıl destek olacağını, öyküsünü ve yaşam standartlarını değerlendirerek bakım planı oluşturmayı ve bu desteği sürdürebilmeyi detaylandırarak yol gösterir (Demirtürk ve ark, 2019). Orem teorisinde üç tür hemşirelik sisteminden söz eder. Tümüyle eksikliği giderici hemşirelik sistemi; hastanın tam bağımlı olduğu ve tüm bakım gereksinimlerinin hemşire tarafından karşılandığı durumu ifade eder. Kanama riski, doku bütünlüğünde bozulmalar, etkisiz periferik doku perfüzyonu gibi riskler bulunmaktadır (Kalkan ve ark. 2021). Kısmen eksikliği giderici hemşirelik sistemi; hemşire ve hastanın bakım gereksinimlerini birlikte yerine getirdiği durumlardır. Hareketsizlikle ilişkili olarak aktivite intoleransı, yorgunluk, enfeksiyon riski, fiziksel mobilitede bozulma, kronik ağrı, deri bütünlüğünde bozulma riski ve uyku örüntüsünde rahatsızlık gibi durumlar da hemşirelik bakımına yönelik ele alınması gereken tanılar arasında yer alır (Kalkan ve ark. 2021). Destekleyici-eğitsel; hastanın öz bakımını yapabilmesine rağmen belirli durumlarda başkalarının desteğine ihtiyaç duyabileceği bir sistemdir. , Anksiyete, beden imgesindeki rahatsızlık, etkisiz baş etme, sağlığını etkili bir şekilde yönetememe, kronik hastalık nedeniyle



ümitsizlik, bilgi eksikliği, rol performansında etkisizlik, öz bakım eksiklikleri (kendi kendine yıkanma, giyinme, beslenme ve tuvalet kullanma), öz bakımda güçlendirmeye hazır olma, riskli sağlık davranışlarına eğilim ve hastalıkla ilişkili semptomlarla bağlı konfor bozulması gibi tanılar doğrultusunda hemşirelik bakımı sağlanabilir (Demirtürk ve ark, 2019; Kalkan ve ark.2021). Oreme göre hemşirenin uyguladığı öz bakımın amacı bireye uygulayamadığı öz bakım davranışları için yardımda bulunmak, hasta ve ailesine eğitim ve danışmanlık sağlayarak hastanın öz bakım davranışlarında bağımsızlığını sağlamaktır (Demirtürk ve ark, 2019).

## SONUÇ ve ÖNERİLER

Kalp yetmezliği hastalarında yetersiz öz bakım davranışlarının yaşam kalitesini azalttığı ve hastane yatış oranlarını arttırdığı gözlemlenmiştir. Hastalarda çeşitli nedenlerle zayıf öz bakım davranışları görülmektedir. Bu derlemede bireyler de gelişmesi gereken öz bakım davranışlarından bahsedilmiştir. Öz bakım davranışı konusunda yetersiz kalan bireylere hemşirenin Orem'in öz bakım modeline göre bakım yapması ve hastaların bağımsızlığının kazandırılması önerilmektedir. Öz bakım davranışları gelişen hastalarda yaşam kalitesinin arttığı, ölüm ve hastaneye yatış oranlarının azaldığı görülmektedir (Jaarsma ve ark. 2021).

## KAYNAKLAR

- Çaylan, K., & Otağ, A. (2020). Kalp yetersizliğinde nefes egzersizleri ve etkili egzersiz terapileri. *Turkish Journal of Science and Health*, 1(2), 84-93.
- Demirtürk Selçuk, E., & Demirbağ, B. C. (2019). Dorothea Elizabeth Orem' in Öz –Bakım Teorisi'ne Göre Konjestif Kalp Yetersizliği Olan Hastanın Hemşirelik Bakım Planı. *Gümüşhane Üniversitesi Sağlık Bilimleri Dergisi*, 8(3), 333-342.
- DiNicolantonio JJ, Chatterjee S, O'Keefe JH. (2016) Dietary salt restriction in heart failure: Where is the evidence? *Prog Cardiovasc Dis*;58(4):401-6
- Doğu Kökcü Ö, Tiryaki Ö. (2020) Kalp Yetmezliği Hastalarının Öz Bakım Davranışları ve Bakım Gereksinimlerini Karşılamada Bağımsızlık Durumlarının İncelenmesi. *Online Türk Sağlık Bilimleri Dergisi*;5(2):364-374. doi: 10.26453/otjhs.581600
- Günbaş, M. (2021). Kalp yetersizliği hastalarının hastalık kabulü le öz bakım davranışlarını gerçekleştirme düzeyleri arasındaki ilişkinin incelenmesi. İzmir Kâtip Çelebi Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü.
- Inamdar, AA; Inamdar (2016), AC Kalp Yetmezliği: Tanı, Yönetim ve Kullanım. *J. Clin. Med.*, 5 , 62.
- Jaarsma, T., Hill, L., Bayes-Genis, A., La Rocca, H.-PB, Castiello, T., Çelutkienė, J., Marques-Sule, E., Plymen, CM, Piper, SE, Riegel, B., Rutten, FH, Ben Gal, T., Bauersachs, J., Coats, AJS, Chioncel, O., Lopatin, Y., Lund, LH, Lainscak, M., Moura, B., Mullens, W., Piepoli, MF, Rosano, G., Seferovic, P. ve Strömberg, A. (2021), Kalp yetmezliği hastalarının öz bakımı: Avrupa Kardiyoloji Derneği Kalp Yetmezliği Derneği'nin pratik yönetim önerileri.
- Kalkan N, Karadağ M. (2021)“I Made Peace with My Disease, I Live with My Disease:” An Algorithm Educational Booklet Based on the Self-Care Deficit Nursing Theory in Peripheral Artery Disease. *Turk J Cardiovasc Nurs* ;12(29):196-206



- Konal, E., & Ardahan, M. (2017). Kalp yetersizliğinde sodyum alımı ve hemşirenin rolü. *Journal of Cardiovascular Nursing*, 8(15), 8-13.
- Malik A, Brito D, Vaqar S ve diğerleri. (2023) Konjestif Kalp Yetmezliği (Hemşirelik) [Güncellendi 2023 5 Kasım]. İçinde: StatPearls [İnternet]. Treasure Island (FL): *StatPearls Yayıncılık*; Ocak
- Ming-Ya Hsu, Cheng-Wen Chiang, Ai-Fu Chiou, (2021) The effects of a self-regulation programme on self-care behaviour in patients with heart failure: A randomized controlled trial, *International Journal of Nursing Studies*, Volume 116, 103778
- Özer, E. R., & Tekinşen, K. (2021). Akdeniz diyeti ve sağlık. *Akademik Et Ve Süt Kurumu Dergisi* (2), 13-23.
- Rice H, Say R, Betihavas V. (2018) The effect of nurse-led education on hospitalisation, readmission, quality of life and cost in adults with heart failure. A systematic review. *Patient Education and Counselling*;101(3):363-74
- Şabanoğlu et al (2023). Kalp Yetersizliği Olan Bireylerin Hastalık Uyumuna İlişkin Öz Farkındalıkları *Turk J Cardiovasc Nurs* ;14(33):51-57
- Türen, S. (2018). Yoğun bakımda akut kalp yetersizliği ve hemşirelik yönetimi. *Yoğun Bakım Hemşireliği Dergisi*, 22(2), 73-79.

## GİRESUN ÜNİVERSİTESİ GÜRE KAMPÜSÜNDE ENERJİ KALİTESİNİN BİLGİSAYAR DESTEKLİ İNCELENMESİ VE SİMÜLASYONU

**Prof. Dr. Sabir RÜSTEMLİ**

Bitlis Eren Üniversitesi, Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü, Bitlis, Türkiye  
srustemli@beu.edu.tr - 0000-0002-4957-1782

**Elektrik-Elektronik Yüksek Müh. Mehmet Ali SATICI**

Bitlis Eren Üniversitesi, Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü, Bitlis, Türkiye  
mehmetalisatici01@gmail.com - 0000-0002-8800-8263

### ÖZET

Son yıllarda elektrik enerjisine olan talep gelişen teknoloji ve ihtiyaçlar ile beraber günden güne artış sağladığı görülmektedir. Buna binaen kullanılan enerji çeşidinin kaliteli olması ve güvenilirliğinin ön plana çıktığı görülmektedir. Teknolojinin gelişmesinden dolayı enerji yardımıyla çalışan cihazların ve doğrusal olmayan (nonlineer) güç sistemlerinde istenen kaliteyi veya istenmeyen güveni azaltacak harmonik oluşumlara neden olduğu görülmektedir. Harmonik, ideal sinüs eğrisini (sinüzoidal) değiştiren, bu değişim ile beraber istenmeyen sonuçlar meydana getiren ve ideal olan çalışma frekansını değiştiren istenmeyen dalga şeklidir. Büyük veya küçük işletmelerde, sanayilerde, fabrikalarda kullanımlarında olan trafolar, ark fırınları ve güç elektroniği elemanları kaliteyi etkileyen ve istenmeyen harmonik oluşumuna sebebiyet veren cihazların arasındadır. Sistem üzerinde olumsuz etkileri olan harmonik oluşumu güç kalitesi sorununu da peşinde getirmektedir. Son yıllarda enerjinin bu kadar el üstünde tutulduğu ve olmazsa olmazlar arasında yerini aldığı günümüzde uluslararası çalışmalar ve uluslararası anlaşmalar neticesinde güç kalitesi sorunlarının oluşumuna sebep olan etkenlerin sorun olmaktan çıkarılması için ve oluşan harmoniklerin yıkıcı ve olumsuz etkilerinin en aza indirebilmek için bilimsel ve akademik çalışmalar halen devam etmektedir. Bu yüzden enerjinin kesintisiz ve sorunsuz devamlılığına, güç faktörü değerinin 1'e yakınlştırılmasına, faz geriliminin standartlara getirilmesine, akım da oluşan toplam harmonik distorsiyonun (THD'nin ve gerilimde oluşan THD'nin uluslararası standartlarda belirtilen değerlerde olması için üzerinde akademik ve bilimsel çalışmalar devam etmektedir. Yapmış olduğumuz çalışma neticesinde Giresun Üniversitesi Güre Kampüsü sınırları dahilinde bulunan Fen Edebiyat Fakültesi ve İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesinin enerji kalitesi üzerinde incelemelerde bulunulmuştur. Yapılan incelemeler doğrultusunda elde edilen verilerin grafik şeklinde MATLAB/Simulink'e modellenmesi yapılmıştır. Simülasyon desteği birlikte ile aktif güç filtresi ve pasif güç filtresi kullanılarak THDI'leri incelenmiş ve filtre devreye eklendikten sonra Elektrik ve Elektronik Mühendisleri Enstitüsü (IEEE) harmonik standartlarında bulunan sınır değerlerine ulaşp ulaşmadığı hususunda bilgilere yer verilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Aktif Filtre, Enerji kalitesi, Harmonik, Pasif filtre, Simülasyon, Standart.

## 1. GİRİŞ

Kaliteli elektrik enerjisi sağlamak için enerjinin sürekliliği, gerilim ve frekansın kararlılığı, güç faktörünün 1'e yakınlığı, faz gerilimlerinin dengesi ve gerilimdeki harmonik miktarları gibi bazı kriterler dikkate alınmalıdır [1]. Elektrik enerjisinin en büyük problemi güç kalitesi problemidir. Bu problemler kendi içerisinde de değişkenler içermektedir. Günlük hayatımızda kullanımına baktığımız zaman göze en çok çarpan değişkenlerin bazıları ise; gerilim değişimleri, frekans, flicker ve harmonikler gibi değişkenlerdir. Harmonikler ise bu değişkenlerin içinde başı çekmektedir. Harmoniklerin oluşumu esnasında dalga formunda değişimlerine ve dengesizliklerine sebep olan transformatör, motor ve iletkenlerin kalitesini maddi ve manevi anlamda olumsuz etkileyecek ısınmalara ve hat kopmalarına neden olabilmektedir. Kayıpların iletim hattında çok fazla artmalarına, kontrol sistemi elektroniklerinde bulunan devre elemanlarının hatalı ve düzensiz çalışmalarına, haberleşme sistemlerinin elektromanyetiklerinin ideal çalışma düzeyinden sapmalarına, elektrik enerjisi ile çalışan makinalarının standartlarda belirtilen ısınmalardan daha fazla ısınmalarına ve normalden daha fazla ses çıkararak çalışmalarına neden olmaktadır [2]. Harmonik, akım ve gerilim dalga formlarının sinüs dalga formundan sapması olarak tanımlanabilir. Harmonikleri azaltmanın veya ortadan kaldırmanın en önemli ve kullanışlı yöntemi harmonik filtreler kullanmaktır [3]. ZERA MT 310 sinyal analizörü kullanılarak güç kayıplarının parametreleri (gerilim dalga formları, harmonikler) belirlenmiştir. Güçteki bu istenmeyen kayıpların nedenleri araştırılmıştır. Van şehrindeki iki farklı fabrikada Zera MT310'un güç analizörü yardımıyla ölçülen çeşitli parametrelerin (harmonikler, anlık elektriksel değerler, akım ve gerilim dalga formları) ayrıntılı bir incelemesi farklı tarihlerde gerçekleştirilmiştir. Bu ölçümlerle bazı güç eksikliklerini tespit etmişler ve çözüm olarak Matlab/Simulink yazılımı yardımıyla tek ayarlı pasif filtre tasarlamışlardır [3, 4]. Rüstemli ve arkadaşları (2022), bu çalışmada güç kalitesini etkileyen parametrelerden biri olan nonlineer özellikli elemanların oluşturduğu harmonik ve ara harmoniklerin güç kalitesi üzerindeki etkileri incelenmiştir. MATLAB/Simulink programı yardımı ile değişik nonlineer yüklere karşı seri aktif filtre modeli tasarlanmıştır. Filtre kullanıldıktan sonra endüktif yüklü nonlineer sistemin gerilimdeki toplam harmonik bozulma THDv değerinin %91,08 oranında azaldığı tespit edilmiş. Kapasitif yüklü sisteme uygulandığında ise THDv değerinin %91,34 oranında azaldığı tespit edilmiştir [5]. Rüstemli ve Tekev (2021), güç sistemindeki harmoniklerin ve harmonik etkilerin görülebilmesi için Matlab/Simulink programını kullanarak harmonikleri simüle etmiştir. Devamında seri aktif güç filtresinin farklı nonlineer yüklere performansı değerlendirilmiştir. Performans değerlendirmesi için FFT analizi yapılmıştır [6].

Yapılan çalışmada Giresun Üniversitesi Güre Kampüsü sınırlarında bulunan Fen Edebiyat Fakültesi ve İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesinin trafosunda, AG ana dağıtım panosu üzerinde öğrenci ve personelin en yoğun olduğu ve enerji tüketiminin en fazla olduğu günü seçerek akımı, gerilimi ve harmoniklerinin (THDI ve THDV) ölçümleri yapılmıştır. Ölçüm sonuçlarına bakılarak analizleri yapılmıştır. Fen Edebiyat Fakültesi ve İktisadi ve İdari Bilimler

Fakültesinin trafosundan alınan ölçümler neticesinde oluşan harmonikler kaydedildikten sonra MATLAB simulink programı ile pasif filtre simülasyonu ve aktif filtre simülasyonunun tasarımları yapılarak harmoniklerin Elektrik ve Elektronik Mühendisleri Enstitüsü (IEEE) harmonik standartlarının seviyelerine ulaşip ulaşmadığı hakkında genel bilgilere yer verilmiştir.

## 2. UYGULAMALAR

### 2.1. Harmonik Ölçüm

Elektrik enerjisi ile çalışan sistemlerin üretim aşamalarından tüketim aşamalarına kadar olan bölümde elektrik enerjisinin kalitesi ve devam edilebilirliği önemli konuların başındadır. Sistem üzerinde harmonik bulunduran ve ideal sinüs dalga eğrisinden ne kadar uzaklaştığına yüzdelik olarak bakmak için sistemin toplam harmonik distorsiyonuna bakılarak anlayabiliriz. Gerilim üzerinde oluşan harmonikli yapının Toplam Harmonik Distorsiyonunu (THD) bulmak için [4];

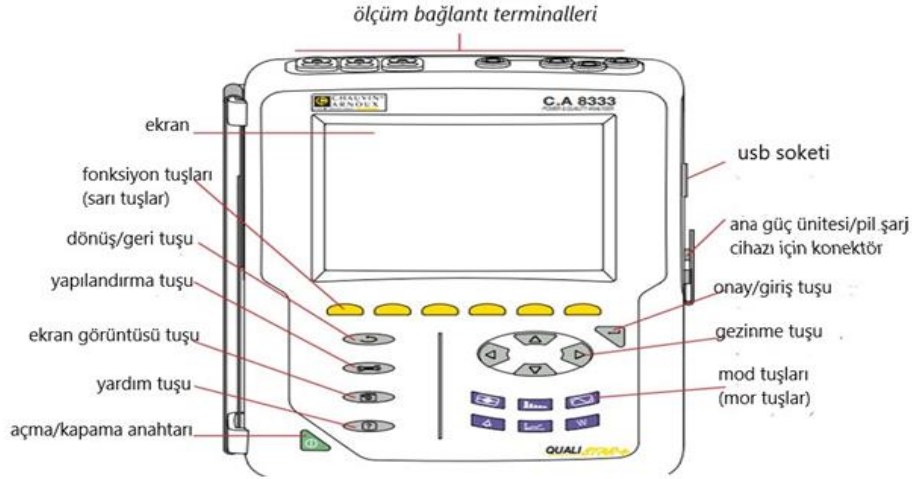
$$THD_V = \frac{\sqrt{\sum_{n=2}^{\infty} V_n^2}}{V_1} \quad (1)$$

Akım üzerinde oluşan harmonikli yapının Toplam Harmonik Distorsiyonunu (THD) bulmak için [4-6];

$$THD_I = \frac{\sqrt{\sum_{n=2}^{\infty} I_n^2}}{I_1} \quad (2)$$

Denklemleri kullanılmaktadır.

Uluslararası (IEC 519-1992) standardında harmoniklerin bozunuma uğradığı sınır değerlerine yer verilmiştir. akım harmonikleri sınır değeri için  $[THD]_I < \%5$  gerilim harmonikleri sınır değeri için  $[THD]_V < \%3$  olarak belirlenmiştir. Küçük ve büyük işletmelerde çalışır durumda olan sistemlerin akımını, gerilimini ve harmoniklerin ölçümlerini yapmak için sabit enerji analizörüne veya taşınabilir enerji analizörlerine ihtiyaç duyulmaktadır. Fen Edebiyat Fakültesi ve İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesinin trafo merkezinde oluşan, istenilen değişkenlerin veya istenilmeyen değişkenlerin ölçümü için yapılan çalışmada CA 8333 enerji analizöründen yararlanılmıştır. Ölçümlerin anlık alınması ve sonuçlarında anlık olarak kayıt altına alınması açısından bakıldığından tercih edilmiştir. CA 8333 enerji analizörünün görseline Görsel 1’de yer verilmiştir.



**Görsel 1. CA 8333 enerji analizörü görünümü.**

Ölçüm sonuçlarına bakılarak uluslararası organizasyonlar tarafından geliştirilmiş olan standartlar da dikkate alınarak IEEE tarafından 1992 yılında açıklanan IEEE 519-1992 standardı lineer olmayan yükler için üretimde olan harmonik akımların sınır değerleri için bilgiler vermektedir [5,6]. IEEE'nin dağıtım sistemleri için açıkladığı gerilim harmonik distorsiyon sınır değerleri Çizelge 1'de, akım harmonik distorsiyon sınır değerleri de Çizelge 2'de verilmiştir.

**Çizelge 1. IEEE'nin gerilim harmonik distorsiyon sınır değerleri.**

| Bara gerilimi ( $V_n$ )           | Tekil harmonik büyüklüğü (%) | Toplam harmonik distorsiyonu THD <sub>V</sub> (%) |
|-----------------------------------|------------------------------|---------------------------------------------------|
| $V_n \leq 69$ kV                  | 3                            | 5                                                 |
| $69 \text{ kV} < V_n \leq 161$ kV | 1.5                          | 2.5                                               |
| $V_n > 161$ kV                    | 1                            | 1.5                                               |

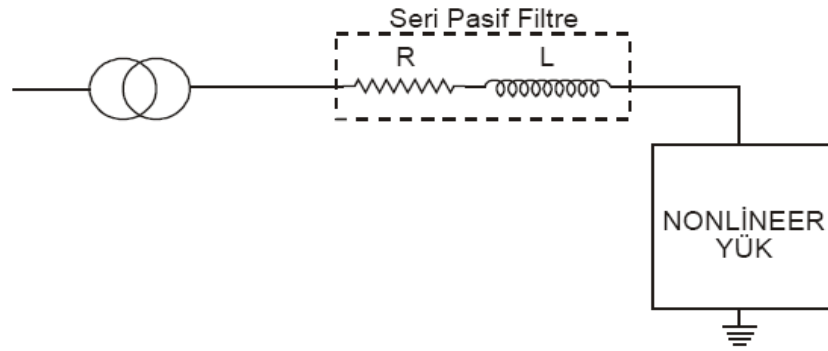
**Çizelge 2. IEEE'nin akım harmonik distorsiyon sınır değerleri.**

| $V_n \leq 69$ kV                  |          |                  |                  |                  |             |         |
|-----------------------------------|----------|------------------|------------------|------------------|-------------|---------|
| $I_k/I_L$                         | $n < 11$ | $11 \leq n < 17$ | $17 \leq n < 23$ | $23 \leq n < 35$ | $n \geq 35$ | TTD (%) |
| $< 20$                            | 4        | 2                | 1.5              | 0.6              | 0.3         | 5       |
| 20-50                             | 7        | 3.5              | 2.5              | 1                | 0.5         | 8       |
| 50-100                            | 10       | 4.5              | 4                | 1.5              | 0.7         | 12      |
| 100-1000                          | 12       | 5.5              | 5                | 2                | 1           | 15      |
| $> 1000$                          | 15       | 7                | 6                | 2.5              | 1.4         | 20      |
| $69 \text{ kV} < V_n \leq 161$ kV |          |                  |                  |                  |             |         |
| $< 20$                            | 2        | 1                | 0.75             | 0.3              | 0.15        | 2.5     |
| 20-50                             | 3.5      | 1.75             | 1.25             | 0.5              | 0.25        | 4       |
| 50-100                            | 5        | 2.25             | 2                | 0.75             | 0.35        | 6       |
| 100-1000                          | 6        | 2.75             | 2.5              | 1                | 0.5         | 7.5     |
| $> 1000$                          | 7.5      | 3.5              | 3                | 1.25             | 0.7         | 10      |
| $V_n > 161$ kV                    |          |                  |                  |                  |             |         |
| $< 50$                            | 2        | 1                | 0.75             | 0.3              | 0.15        | 2.5     |
| $\geq 50$                         | 3        | 1.5              | 1.15             | 0.5              | 0.22        | 4       |

## 2.2. Pasif Harmonik Filtre

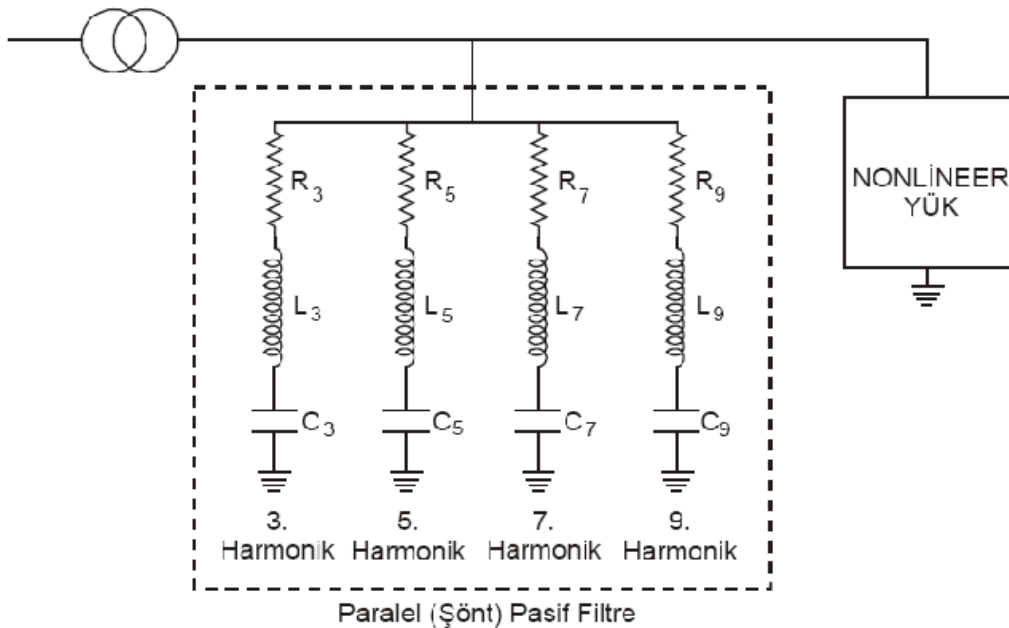
Pasif Harmonik Filtre; kaynak ile harmonik oluşumuna sebebiyet veren yükün arasına bağlantısı yapılan kondansatör (C), endüktans (L) ve bazen de direnç (R) elemanlarından oluşmaktadır [3]. Pasif harmonik filtre sistem üzerinde iki şekilde kullanılabilir. Bunlar; 1- Seri pasif harmonik filtre ve 2- Paralel pasif harmonik filtre şeklindedir.

**Seri Pasif Harmonik Filtre:** Kaynak ile harmonik oluşturmaya sebebiyet veren yükün ortasına seri bir şekilde bağlanan endüktans (L) elemanından meydana gelmektedir. Görsel 2’de seri pasif harmonik filtrenin tek hat şeması verilmiştir.



Görsel 2. Seri pasif harmonik filtresi.

**Paralel Pasif Harmonik Filtre:** Kaynak ile harmonik oluşumuna sebebiyet veren yükün ortasına paralel bir şekilde bağlanan kondansatör (C), Endüktans (L) bazen ise direnç (R) elemanlarından oluşmaktadır. Görsel 3’te paralel pasif harmonik filtrenin tek hat şeması verilmiştir.

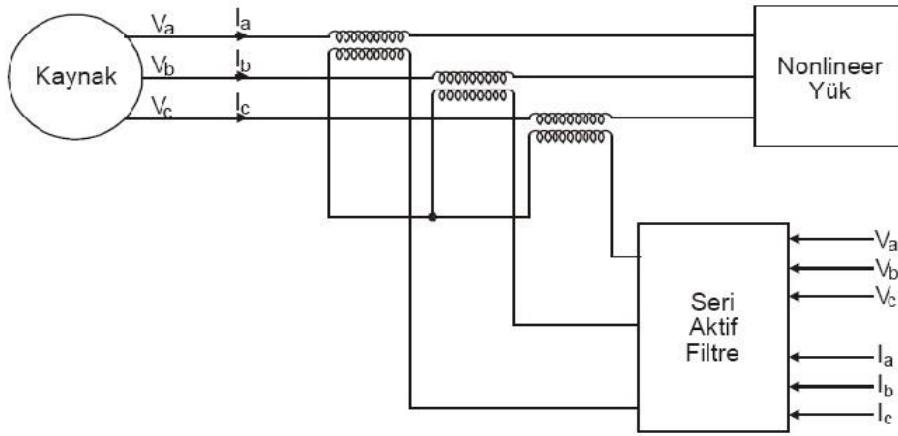


Görsel 3. Paralel pasif harmonik filtresi.

### 2.3. Aktif Harmonik Filtre

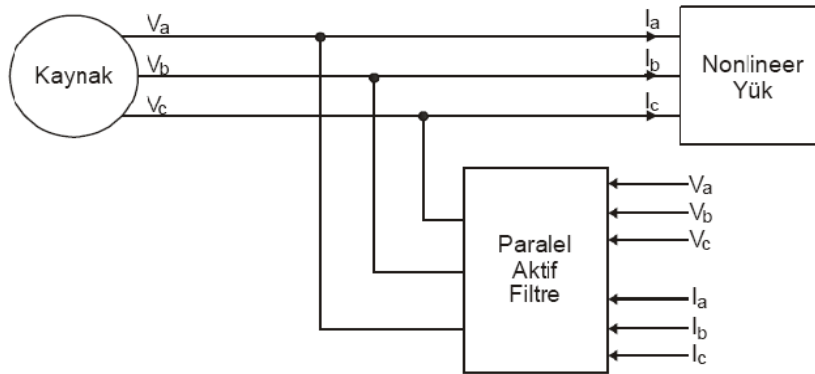
Aktif harmonik filtre; Sistemde meydana gelen harmonik frekanslarını bertaraf etmek için sisteme aynı genlikte, fakat ters bir akımı iletip yok etme biçimidir. Bu yöntem ile akım üzerinde oluşan harmoniklerin istenmeyen etkileri azaltılmış olacak veya tamamen yok edilmiş olacaktır [5]. Aktif harmonik filtre sistemde iki çeşit olarak kullanılabilir. Bunlar; 1- Seri aktif güç filtre ve 2- Paralel aktif güç filtre şeklindedir.

**Seri Aktif Güç Filtre:** Gerilimde meydana gelen şok değişiklikler, sistem üzerindeki dengesizlikler, sistemde oluşan harmonikler ve şebekedeki yükte dalga formlarında oluşan bozunumlarda da seri aktif güç filtresinden yararlanılabilmektedir. Görsel 4'te seri aktif güç filtresinin tek hat şeması verilmiştir.



Görsel 4. Seri aktif güç filtre.

**Paralel Aktif Güç Filtre:** Paralel aktif güç filtresi akımda oluşan dengesizlikleri, yüksek dereceli ve düşük dereceli olarak oluşan harmoniklerini, nötr akımlarını ve reaktif güç değerlerini yok edebilmek için kullanılabilir. Görsel 5'te paralel aktif güç filtresinin tek hat şeması verilmiştir.



Görsel 5. Paralel aktif güç filtresi.



**Çizelge 3. Pasif ve aktif harmonik filtrenin karşılaştırılması [4].**

| Durum                                       | Pasif Harmonik Filtre                                           | Aktif Harmonik Filtre                                             |
|---------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------|
| Harmonik akımlarının kontrolü               | Her harmonik frekansı için ayrı filtre gereklidir.              | Aynı anda birçok harmonik akımın kontrolü mümkündür.              |
| Harmonik frekanslarının değişmesinin etkisi | Filtrenin etkisi azalır.                                        | Etkilenmemektedir.                                                |
| Empedans modifikasyonu etkisi               | Rezonans riski vardır.                                          | Etkilenmemektedir.                                                |
| Akım yükselmesi riski                       | Aşırı yüklenme ve bozulma riski vardır.                         | Aşırı yüklenme riski yoktur.                                      |
| Sisteme yeni yük ilavesi                    | Filtrenin değiştirilmesi gerekebilir.                           | Herhangi bir soruna neden olmaz.                                  |
| Sistemdeki temel dalganın frekans değişimi  | Ayarlanma imkânı mümkün olmadığından değiştirilmesi gerekir.    | Ayar yapıp uyum sağlanabilir.                                     |
| Boyutları ve ağırlığı                       | Harmonik genliğine ve derecesine göre çok değişkenlik gösterir. | Boyutu küçük ve ağırlığı azdır.                                   |
| Maliyeti                                    | İlk maliyeti düşük olmasına rağmen bakım maliyeti yüksektir.    | İlk maliyeti yüksek olmasına rağmen bakıma ihtiyaç duymamaktadır. |

### 3. BULGULAR

#### 3.1. Fen Edebiyat Fakültesi ve İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesinin Trafosunda Yapılan Ölçümler

Giresun Üniversitesi Güre Kampüsü sınırlarında yer alan Fen Edebiyat Fakültesi ve İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi aboneliğini incelediğimiz zaman Fen Edebiyat Fakültesi ve İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesinin 1600 kVA gücünde trafo ve 2250 kVA gücünde dizel jeneratör bulunmaktadır. Fen Edebiyat Fakültesi ve İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi trafosundan; Fen Edebiyat Fakültesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, Yabancı Diller Yüksek Okulu, İslami İlimler Fakültesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Sağlık Kültür ve Spor Daire Başkanlığının ve Öğrenci İşleri Daire Başkanlığının elektrik enerjisi ihtiyaçları karşılanmaktadır.

**Çizelge 4. Fen Edebiyat Fakültesi ve İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Trafosunun ölçüm sonuçları.**

| Trafo No.                     | Referans Değer | Fen Edebiyat Fakültesi ve İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi |
|-------------------------------|----------------|----------------------------------------------------------------|
| Toplam Güç - Maksimum         | kW             | 218,35                                                         |
| Toplam Güç - Minimum          | kW             | 183,29                                                         |
| Toplam Güç - Ortalama         | kW             | 203,14                                                         |
| 08:00 - 18:00 Ort. Toplam Güç | kW             | 238,24                                                         |
| 20:00 - 10:00 Ort. Toplam Güç | kW             | 137,77                                                         |
| Ortalama Gerilim              | 380 V          | 399,67                                                         |
| Ortalama Gerilim              | 220 V          | 230,05                                                         |
| Harmonik Akım -[TDH] I        | [THD]I<% 5     | 27,26                                                          |

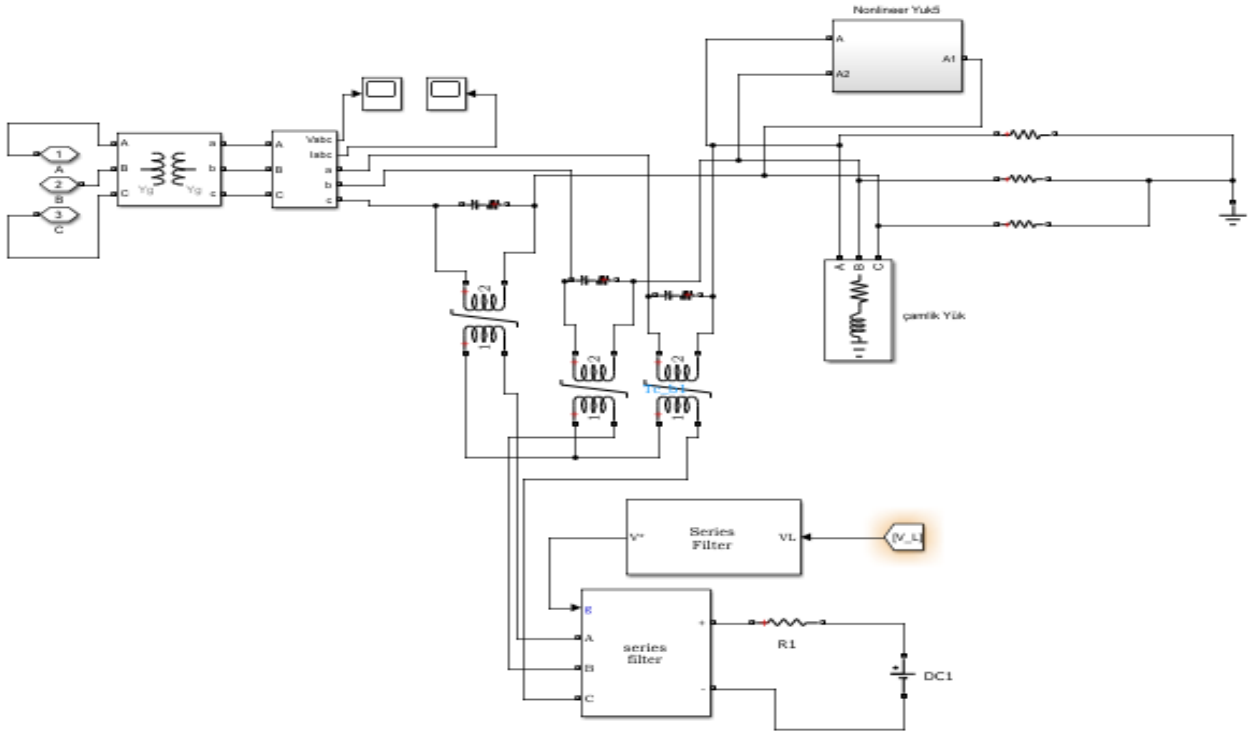
Harmonik Gerilim - [TDH] V

[THD]V<% 3

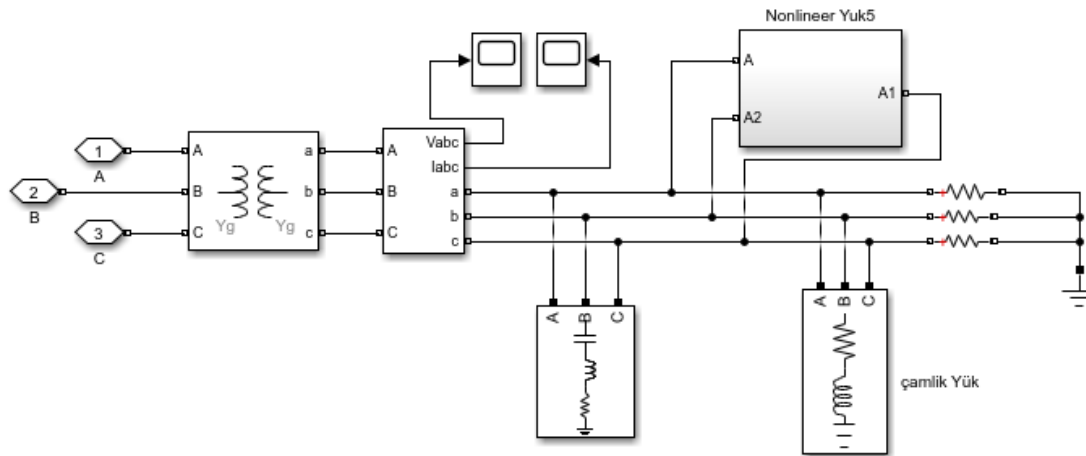
1,49

### 3.2. Sistem üzerine Tek Ayarlı Şönt Filtrenin ve Seri Aktif Güç Filtresinin Eklenmesi Simülasyonu

Fen Edebiyat Fakültesi ve İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi trafo merkezinin sisteme filtre eklendikten sonra ki sonuçları irdelenmiştir. Çıkan sonuçlara bakılarak THD<sub>I</sub>'si, ve akıma ait FFT analizi MATLAB/Simulink programıyla simülasyonunun tasarımı yapılmıştır. Tek ayarlı şönt filtre tasarımı ve seri aktif güç filtresinin tasarımı simülasyon yardımıyla yapılmıştır.

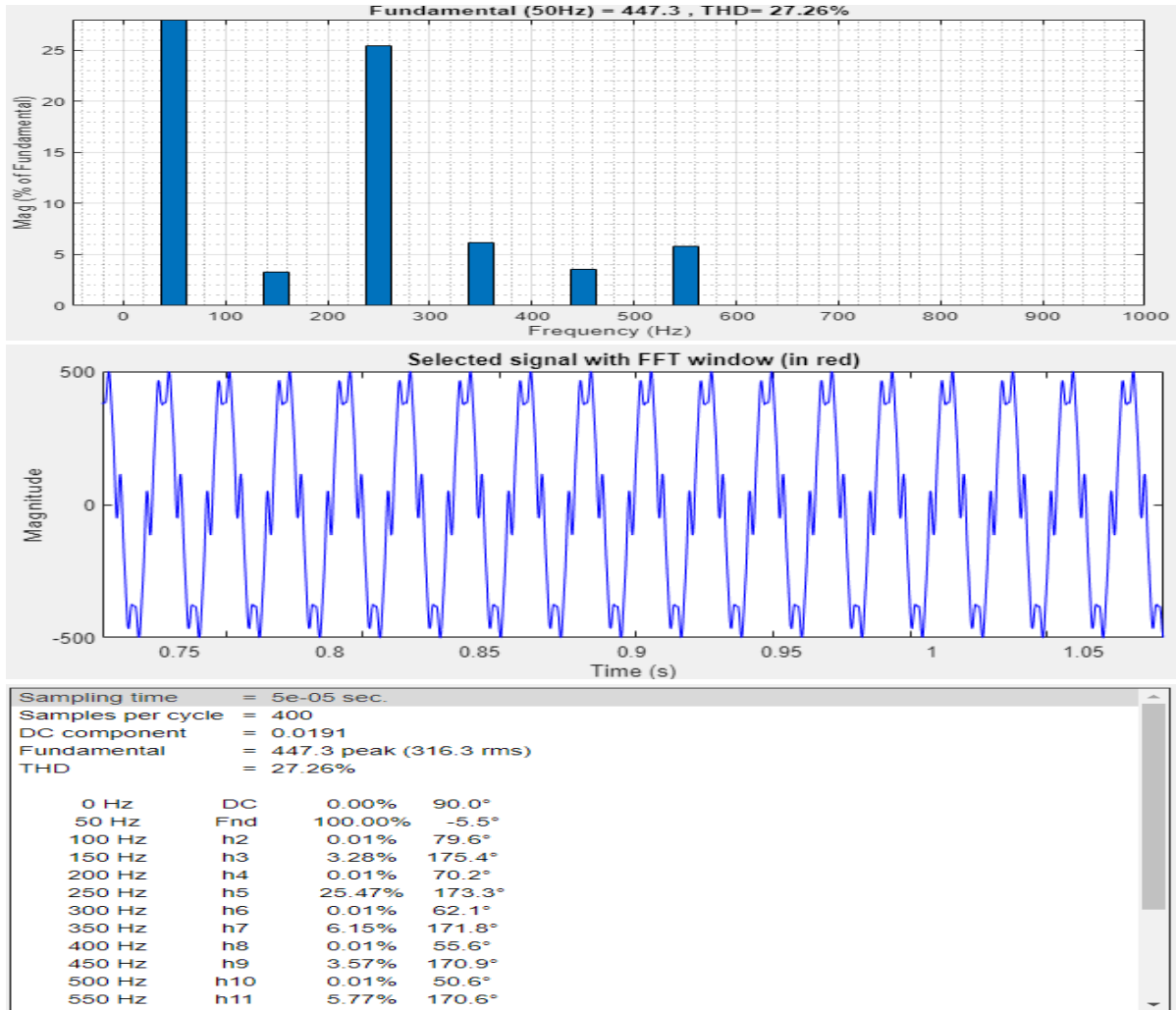


Görsel 6. Fen Edebiyat Fakültesi ve İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesinin seri aktif güç filtreli simülasyonuna ait Matlab/Simulink modellemesi.



**Görsel 7. Fen Edebiyat Fakültesi ve İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesinin tek ayarlı şönt filtre simülasyonuna ait Matlab/Simulink modellemesi.**

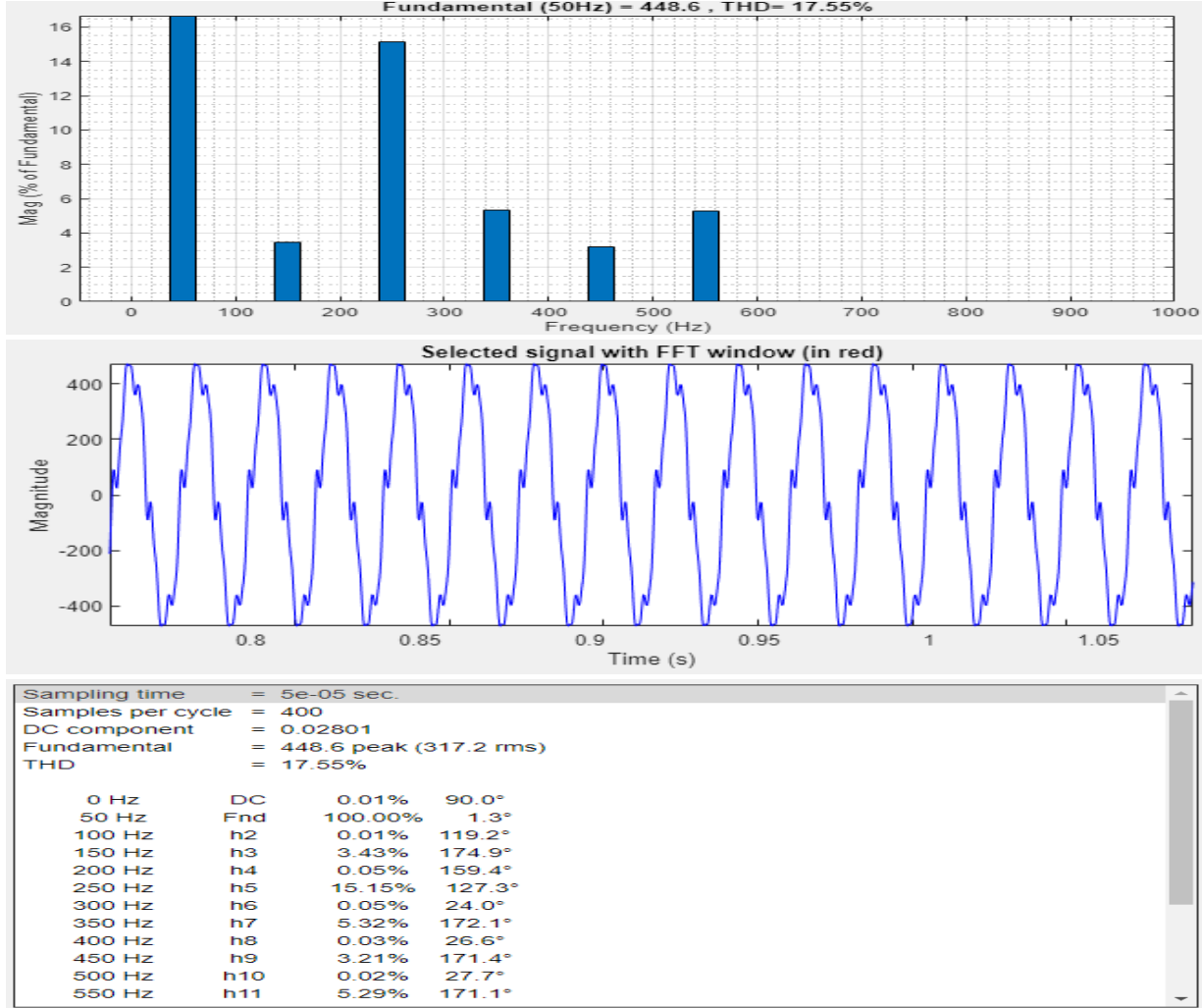
Harmonik analizi yapılan Fen Edebiyat Fakültesi ve İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesine ait MATLAB/Simulink modelleme işleminin görseli ve harmonik kaynaklarının görseli Görsel 6’da ve Görsel 7’de verilmiştir. Trafo değerlerine ve yük değerlerine bakıldığında, harmonik çıktıları akım kaynağını ve FFT analizlerini verecek biçimde sisteme dahil edilmiştir. Sonra harmoniklerin sistemi bozucu etkilerini ölçerek ve sistem üzerinden tasarımı yapılarak standartlara getirilmesi için pasif güç filtresi ve aktif güç filtresi tasarımına gidilmiştir. Hesaplamaları yapılan ve sonuç çıktıları eklenerek simülasyon çalışma durumuna getirilmiştir. Sistemin simülasyonu için Fen Edebiyat Fakültesi ve İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi trafosunun filtre yokken harmonik çıktıları ve filtre devredeyken harmonik çıktılarına yer verilmiştir.



**Görsel 8. Fen Edebiyat Fakültesi ve İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi trafosunun filtresiz simülasyonuna ait Matlab/Simulink çıktıları.**

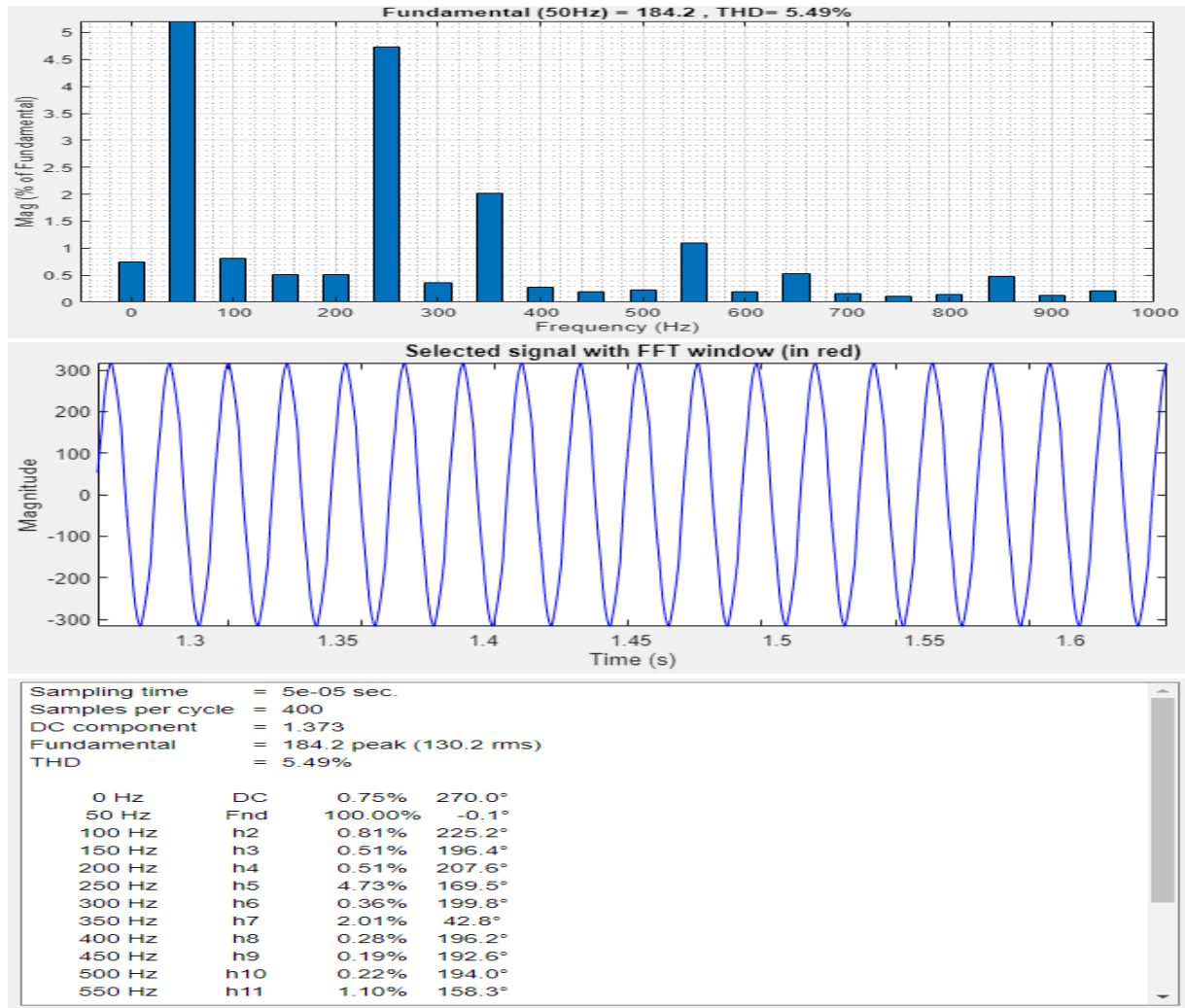
Görsel 8’de Fen Edebiyat Fakültesi ve İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi trafosunun filtresiz simülasyonuna ait Matlab/Simulink çıktılarına bakıldığında sistemde 5, 7 ve 11. harmonikleri

uluslararası (IEC 519-1992) standardına göre belirlenen sınır değerini aştığı sisteme zarar verdiği görülmektedir. Sistemin temel frekans değeri 50 Hz'dir. FFT analizi ile Fen Edebiyat Fakültesi ve İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi trafosunun filtresiz çıktıları verilmiştir. Harmonikler için filtresiz yüklü kısımların çıktıları verilmiştir. FFT analiziyle Fen Edebiyat Fakültesi ve İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi trafosunun filtresiz harmonikleri için, sonuç çıktıların uluslararası (IEC 519-1992) standardını aştığı görülmüştür.



**Görsel 9. Fen Edebiyat Fakültesi ve İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi trafosunun tek ayarlı şönt filtre devredeyken ki Matlab/Simulink çıktıları.**

Görsel 9'da Fen Edebiyat Fakültesi ve İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi trafosunun tek ayarlı şönt filtre devredeyken ki Matlab/Simulink çıktılarına incelendiğinde sistemde 3. ve 9.. harmonikleri standart değer aralığında olduğu, 5, 7, ve 11. harmoniği ise az da olsa giderdiği görülmektedir. Uluslararası (IEC 519-1992) standardına göre belirlenen  $[THD]I < \% 5$  sınırına 5, 7, ve 11. harmoniğin gelmediği görülmektedir. Sistemin temel frekans değeri 50 Hz'dir. FFT analizi ile Fen Edebiyat Fakültesi ve İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi trafosunun tek ayarlı şönt filtre devredeyken ki çıktıları verilmiştir. FFT analiziyle birlikte Fen Edebiyat Fakültesi ve İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi trafosunun tek ayarlı şönt filtre devredeyken ki harmonikleri için, sonuç çıktıların uluslararası (IEC 519-1992) standardına gelmediği görülmüştür.



**Görsel 10. Fen Edebiyat Fakültesi ve İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi trafosunun seri aktif güç filtresi devredeyken ki Matlab/Simulink çıktıları.**

Görsel 10’da Fen Edebiyat Fakültesi ve İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi trafosunun seri aktif güç filtresi devredeyken ki Matlab/Simulink çıktıları incelendiğinde de sistemde 3, 5, 7, 9 ve 11. Harmoniklerin uluslararası (IEC 519-1992) standardına göre belirlenen  $[THD]_I < \% 5$  sınır değerine geldiği görülmektedir. Sistemin temel frekans değeri 50 Hz’dir. FFT analizi ile Fen Edebiyat Fakültesi ve İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi trafosunun seri aktif güç filtresi devredeyken ki çıktıları verilmiştir. Harmonikler için seri aktif güç filtresi devredeyken ki yüklü kısımların çıktıları verilmiştir. FFT analiziyle birlikte Fen Edebiyat Fakültesi ve İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi trafosunun seri aktif güç filtresi devredeyken harmonikleri için, sonuç çıktıların uluslararası (IEC 519-1992) standart değer seviyelerinde olduğu anlaşılmaktadır.

**Çizelge 4. Filtresizken, tek ayarlı şönt filtre ve seri aktif güç filtresi devredeyken oluşan harmoniklerin THD<sub>I</sub>'si.**

| Ölçüm Yapılan Trafolar                                       | Filtresiz THD <sub>I</sub> | Tek Ayarlı Şönt Filtreli THD <sub>I</sub> | Seri Aktif Güç Filtreli THD <sub>I</sub> |
|--------------------------------------------------------------|----------------------------|-------------------------------------------|------------------------------------------|
| Fen Edebiyat ve İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Trafosu | %27,26                     | %17,55                                    | %5,49                                    |

Simülasyon çıktıları incelendiği zaman ilk olarak filtre devrede olmadığından, akım harmoniklerinin  $[THD]_I < \% 5$  standardını aştığını, tek ayarlı şönt filtre devrede olduğunda akım harmoniklerinin bir miktar azaldığı fakat  $[THD]_I < \% 5$  standardını yine aştığını, seri aktif güç filtresini devrede olduğu zaman hemen hemen uluslararası standartlar seviyesine geldiği görülmüştür.

#### 4. SONUÇ VE ÖNERİLER

Giresun Üniversitesi güre kampüsü sınırlarında bulunan Fen Edebiyat ve İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesinde yapılan ölçümler neticesinde, trafonun değerlerinin analizleri yapılmış, harmonik akım değerlerinin IEEE standardında olmadığı ve THDI %27,26 olarak ölçülmüştür. Simülasyon verilerine bakılarak Fen Edebiyat ve İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesinin harmonikleri grafikler ve FFT analizleri yapılarak sonuç çıktıları verilmiştir. Simülasyon yardımı ile pasif harmonik güç filtresi ve aktif harmonik güç filtresinin tasarımı yapılmıştır. Tek ayarlı şönt filtre simülasyona eklenerek yapılan ölçümler sonucunda, harmonik akım çıktılarının IEEE standardına gelmediği Fen Edebiyat ve İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi trafosunun THDI %17,55 seviyelerine indiği ve harmonikleri az da olsa giderdiği fakat IEEE standardında  $[THD]_I < \% 5$  gelmediği görülmüştür. Fen Edebiyat ve İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi simülasyonuna seri aktif güç filtresi kullanılarak yapılan ölçümlerin sonucunda harmonik akım değerlerinin hemen hemen IEEE standardında  $[THD]_I < \% 5$  geldiği, Fen Edebiyat ve İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi trafosunun THDI %5,49 seviyesinde olduğu ve harmonikleri IEEE standardına geldiği görülmüştür. Yapılan çalışma ışığında Giresun Üniversitesi Güre Kampüsü sınırlarında bulunan Fen Edebiyat ve İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi trafosunun enerji tüketimi bakımından harmonik etkilerini azaltıp, oluşabilecek maddi ve manevi hasarları en aza indirerek, Fen Edebiyat ve İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi trafosunun enerji kalitesinin de en üst seviyelere çıkarılması sağlanmıştır. Modellemenin gerçek hayatta sisteme dahil edildikten sonra enerji kalitesi bakımından istenilen seviyelere gelmesi sonucuna varılmıştır. Harmonik ise ortadan kalkacaktır. Fen Edebiyat ve İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi kullanılmakta olan cihazların seri aktif güç filtresi sisteme dahil edildikten sonra üzerindeki harmoniğin bozucu etkilerinin ortadan kaldırılması sağlanabilir. Fen Edebiyat ve İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesinde yapılacak olan düzenlemeler ışığında hem maddi açıdan hem de manevi açıdan oluşan istenmeyen sonuçları azaltıp, enerji kalitesini ise istenilen seviyelere çıkaracaktır.

## KAYNAKÇA

- [1] Rüstemli, S., Satıcı, M.A., Şahin, G. and van Sark, W. Investigation of harmonics analysis power system due to non-linear loads on the electrical energy quality results, Energy Reports, 10, 4704-4732, 2023.
- [2] Rüstemli, S., Cengiz M.S. ve Dinçer F., Elektrik tesislerinde harmoniklerin Aktif Filtre Kullanılarak Yok Edilmesi ve Simülasyonu, BEU Journal of Science and Technology, 2, 30-38, 2013.
- [3] Rüstemli, S., Okuducu, E., Almali, M.N. ve Efe, S.B. Reducing the effects of harmonics on the electrical power systems with passive filters, BEU Journal of Science and Technology, 5, 1-10, 2015.
- [4] Rüstemli, S. and Cengiz, M.S. Active filter solutions in energy systems. Turkish Journal of Electrical Engineering and Computer Sciences, 23, 1587-1607, 2015.
- [5] Rüstemli, S. Kocaman, B. and Tekev, S. Güç Sisteminde Oluşan Harmonik ile Ara Harmoniklerin Modellenmesi ve Simülasyonu, EMO Bilimsel Dergi, 12, 67-79, 2022.
- [6] Rüstemli S. and Tekev, S. Güç Sistemindeki Harmoniklerin Bilgisayar Destekli Modellenmesi, Dicle Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Mühendislik Dergisi, 12, 711-718, 2021.



## GİRESUN ÜNİVERSİTESİ GÜRE KAMPÜSÜNDE YER ALAN REKTÖRLÜK BİNASININ ENERJİ KALİTESİNİN İNCELENMESİ

**Prof. Dr. Sabir RÜSTEMLİ**

Bitlis Eren Üniversitesi, Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü, Bitlis, Türkiye  
srustemli@beu.edu.tr - 0000-0002-4957-1782

**Elektrik-Elektronik Yüksek Müh. Mehmet Ali SATICI**

Bitlis Eren Üniversitesi, Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü, Bitlis, Türkiye  
mehmetalisatici01@gmail.com - 0000-0002-8800-8263

### ÖZET

Günümüz yüzyılında elektrik enerjisi talebi teknolojik gelişmeler ile birlikte git gide artış göstermektedir. Bununla birlikte kullanılan enerjinin kalitesinin yanı sıra güvenilir olması da istenmektedir. Gelişen teknoloji neticesinde enerji ile çalışan ve bu enerjiye ihtiyaç duyan cihazların ve doğrusal olmayan (nonlinear) güç sistemlerinde kaliteyi ve güveni olumsuz etkileyecek harmonik oluşumlar meydana gelebilmektedir. Harmonik, ideal sinüs eğrisini (sinüzoidal) bozduran, sonucunda maddi manevi istenmeyen sorunlar meydana getiren ve ideal çalışma frekansını olumsuz anlamda etkileyen dalga şeklidir. Büyük işletmelerde kullanımı sıkça görülen olan trafolar, ark fırınları ve güç elektroniği gibi elemanların kalitesini etkileyen harmonik oluşumuna sebep olan başlıca cihazlar içindedir. Meydana gelen harmonik, güç kalitesi sorununa da sebep olmaktadır. Enerjinin bu kadar kıymetli olduğu günümüzde uluslararası çalışmalar ve anlaşmalarla birlikte güç kalitesini etkilemeye neden olan sorunların ortadan kaldırılması ve meydana gelen harmonikleri en aza indirmek için bilimsel çalışmalar günümüzde de devam etmektedir. Bunun için yapılan çalışmalar enerjinin kesintisiz devamlılığına, güç faktörü değerinin 1'e yaklaştırılmasına, faz geriliminin standart değerlere ulaşmasına, akım da oluşan THD'nin ve gerilimde oluşan THD'nin uluslararası standartlarda olması için üzerinde çalışmalar devam etmektedir. Yapılan çalışmada Giresun Üniversitesi Güre Kampüsü içerisinde bulunan Rektörlük binasının enerji kalitesi üzerinde incelemelere yer verilmiştir. Yapılan incelemeler ışığında elde edilen çıktıların grafik şeklinde MATLAB/Simulink'e modellemesi yapılmıştır. Simülasyon yardımı ile aktif güç filtresi ve pasif güç filtresi kullanılarak THD<sub>I</sub>'leri incelenmiş ve filtre kullanımından sonra Elektrik ve Elektronik Mühendisleri Enstitüsü (IEEE) harmonik standartlarında belirlendiği sınır değerlerinde olup olmadığı hakkında bilgilere yer verilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Aktif Filtre, Enerji kalitesi, Harmonik, Pasif filtre, Simülasyon, Standart.

### 1. GİRİŞ

Günümüz yüzyılında cihazların ve makinaların çalışması için gerekli olan en yaygın enerji, elektrik enerjisidir. Elektrik enerjisi uluslararası kullanımı açısından en yaygın olan, ihtiyaç hiyerarşisinde en üst sıralarda olan ve depo edilebilmesi güç ve maliyetli olan bir enerji çeşididir.

Elektrik enerjisinin en önemli sorunlarının başında güç kalitesi sorunu gelmektedir. Bu sorunlar içerisinde değişkenlik göstermektedir. Kullanım bakımından en çok karşılaşılan değişkenler ise; gerilim değişimleri, frekans, flicker ve harmonikler gibi değişkenlerdir. Harmonikler ise bu değişkenlerin başında gelmektedir. Harmonik oluşumu sonucunda dalga formunda değişime uğrattığı transformatör, motor ve iletkenlerin kalitesini olumsuz etkileyecek ısınmalara ve de maddi manevi hasarlara neden olmaktadır. Hasarların iletim hattında çok fazla artmalarına, kontrol sistemi elektroniklerinde bulunan devre elemanlarının yanlış çalışmalarına, haberleşme sistemlerinin elektromanyetiklerinin istenilen çalışma düzeyinden sapmalarına, elektrik ile çalışan makinalarının istenilenin dışında ısınmalarına ve normalden fazla gürültülü çalışmalarına sebebiyet vermektedir [1]. Buna benzer durumlardan sonra güç kalitesi sorunlarına rastlamakta ve ülke ekonomisine de darbe vurmaktadır [2]. Güç kalitesi problemleri nedenlerini araştırmak ve bu güç kalitesi problemlerini yok etmek için son zamanlarda akademik çalışmalar yapılmaktadır ve şuanda bile yeni tekniklerle yok etme metodlarını geliştirmeye devam etmektedir. Genel olarak çalışılan konu ise alçak ve orta gerilim üzerindeki enerji kalitesi alanları olmuştur. 2008 yılından bu yana yürürlükte olan düzenleme ile birlikte “Elektrik Piyasasında Dağıtım Sisteminde Sunulan Elektrik Enerjisinin Tedarik Sürekliliği, Ticari ve Teknik Kalitesi Hakkında Yönetmelik” [3] elektrik enerjisini kullanan tüketicilerin haklarının korunmasına yönelik çalışmalar hızlanmıştır. Yapmış olduğumuz çalışmada Giresun Üniversitesi Güre Kampüsü mevkiinde bulunan Rektörlük binasına bağlı olan trafonun AG ana dağıtım panosundan personelin en yoğun olduğu zaman ve enerji tüketiminin en fazla olduğu günü seçerek akımının, geriliminin ve harmoniklerinin (THDI ve THDV) ölçümleri yapılmıştır. Ölçüm verileri karşılaştırılarak analizleri yapılmıştır. Rektörlük binası trafosundan alınan ölçümler neticesinde oluşan harmonikler kaydedilip sonra MATLAB simulink programı yardımı ile pasif harmonik filtre simulasyonu ve aktif harmonik filtre simulasyonunun modellenmesi yapılarak harmoniklerin Elektrik ve Elektronik Mühendisleri Enstitüsü (IEEE) harmonik standartlarında olup olmadığı bilgilerine yer verilmiştir.

## 2. UYGULAMALAR

### 2.1. Harmonik Ölçüm

Elektrik enerjisi ile beslenen sistemlerin üretim ve tüketime kadar olan yolculuğunda elektrik enerjisinin kalitesi ve devamlılığı istenilen konuların başında gelmektedir. Harmonik barındıran sistemin ideal sinüs dalga eğrisinden ne kadar uzaklaştığı yüzdesinin hesaplanması için toplam harmonik distorsiyonuna bakılarak bulunabilir.

Gerilim de meydana gelen harmonikli yapının Toplam Harmonik Distorsiyonunu (THD) bulmamız için [4];

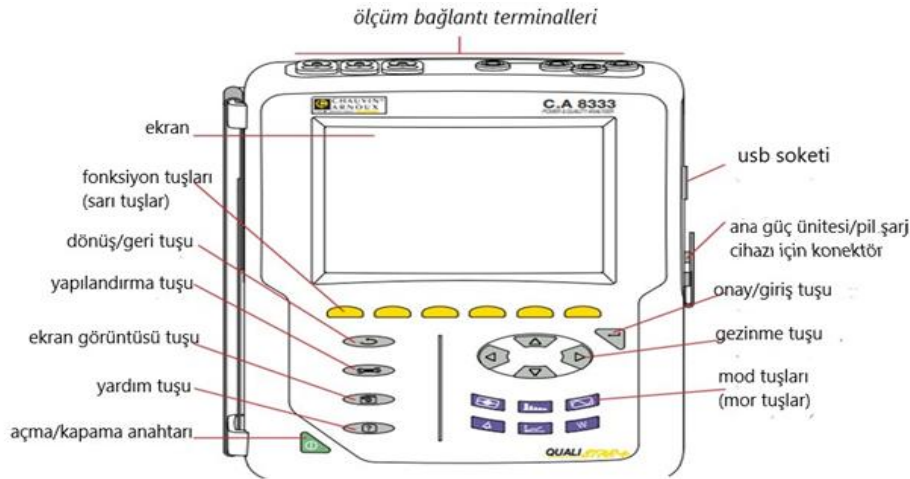
$$THD_V = \frac{\sqrt{\sum_{n=2}^{\infty} V_n^2}}{V_1} \quad (1)$$

Akım da meydana gelen harmonikli yapı için Toplam Harmonik Distorsiyonunu (THD) bulmamız için [4];

$$THD_I = \frac{\sqrt{\sum_{n=2}^{\infty} I_n^2}}{I_1} \quad (2)$$

Eşitlikleri gereklidir.

Uluslararası (IEC 519-1992) standardında harmoniklerin sisteme uğratacağı ve sisteme zarar vermeyeceği sınır değerleri verilmiştir. Akım harmonikleri için sınır değeri  $[THD]I < \%5$  gerilim harmonikleri için sınır değeri  $[THD]V < \%3$  olarak belirtilmiştir. İşletmelerde çalışır şekilde olan sistemlerin akımını, gerilimini ve harmoniklerin ölçümlerini yapabilmek için sabit enerji analizörü ve taşınabilir enerji analizöründen yararlanılabilir. Rektörlük binası trafo merkezinde oluşan, sınır değerlerinde olan veya sınır değerinde olmayan değişkenlerin ölçümü için CA 8333 enerji analizöründen yararlanılmıştır. Ölçümlerin anlık alınması ve sonuçlarında anlık kayıtlara alınması bakımından tercih edilmiştir. Kullanılan CA 8333 enerji analizörünün görseli Görsel 1’de yer verilmiştir.



**Görsel 1. CA 8333 enerji analizörü görünümü.**

Ölçüm çıktılarına bakılarak uluslararası organizasyonlar tarafından geliştirilmiş standartları da yardımıyla IEEE tarafından 1992 yılında açıklanan IEEE 519-1992 standardı doğrusal olmayan yükler için üretimde olan harmonik akımlarının sınır değerleri hakkında bilgiler vermektedir [5]. IEEE’nin dağıtım sistemleri için yayınlamış olduğu gerilim harmonik distorsiyon sınır değerleri Çizelge 1’de, akım harmonik distorsiyon sınır değerlerine ise Çizelge 2’de yer verilmiştir.

**Çizelge 1. IEEE’nin gerilim harmonik distorsiyon sınır değerleri.**

| Bara gerilimi ( $V_n$ )           | Tekil harmonik büyüklüğü (%) | Toplam harmonik distorsiyonu THD <sub>V</sub> (%) |
|-----------------------------------|------------------------------|---------------------------------------------------|
| $V_n \leq 69$ kV                  | 3                            | 5                                                 |
| $69 \text{ kV} < V_n \leq 161$ kV | 1.5                          | 2.5                                               |
| $V_n > 161$ kV                    | 1                            | 1.5                                               |

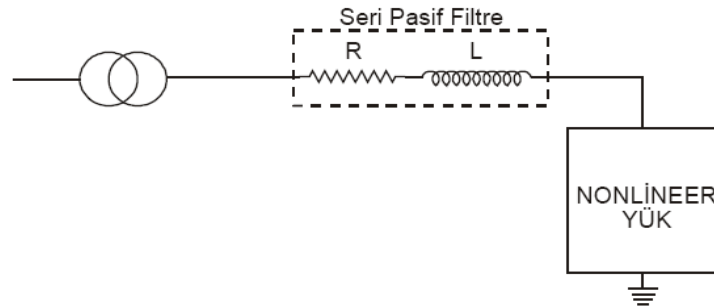
**Çizelge 2. IEEE'nin akım harmonik distorsiyon sınır değerleri.**

| $V_n \leq 69$ kV                  |          |                  |                  |                  |             |         |
|-----------------------------------|----------|------------------|------------------|------------------|-------------|---------|
| $I_k/I_L$                         | $n < 11$ | $11 \leq n < 17$ | $17 \leq n < 23$ | $23 \leq n < 35$ | $n \geq 35$ | TTD (%) |
| <20                               | 4        | 2                | 1.5              | 0.6              | 0.3         | 5       |
| 20-50                             | 7        | 3.5              | 2.5              | 1                | 0.5         | 8       |
| 50-100                            | 10       | 4.5              | 4                | 1.5              | 0.7         | 12      |
| 100-1000                          | 12       | 5.5              | 5                | 2                | 1           | 15      |
| >1000                             | 15       | 7                | 6                | 2.5              | 1.4         | 20      |
| $69 \text{ kV} < V_n \leq 161$ kV |          |                  |                  |                  |             |         |
| <20                               | 2        | 1                | 0.75             | 0.3              | 0.15        | 2.5     |
| 20-50                             | 3.5      | 1.75             | 1.25             | 0.5              | 0.25        | 4       |
| 50-100                            | 5        | 2.25             | 2                | 0.75             | 0.35        | 6       |
| 100-1000                          | 6        | 2.75             | 2.5              | 1                | 0.5         | 7.5     |
| >1000                             | 7.5      | 3.5              | 3                | 1.25             | 0.7         | 10      |
| $V_n > 161$ kV                    |          |                  |                  |                  |             |         |
| <50                               | 2        | 1                | 0.75             | 0.3              | 0.15        | 2.5     |
| $\geq 50$                         | 3        | 1.5              | 1.15             | 0.5              | 0.22        | 4       |

## 2.2. Pasif Harmonik Filtre

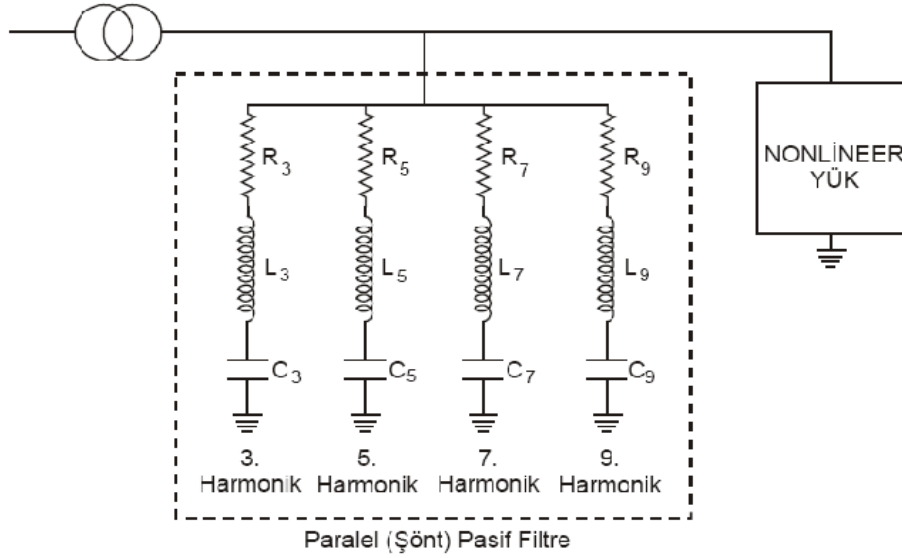
Pasif Harmonik Filtre; kaynak ile harmonik oluşumuna sebep olan yükün arasına bağlanan kondansatör (C), endüktans (L) ve bazı durumlarda ise direnç (R) elemanlarından meydana gelmektedir [6]. Pasif harmonik filtre sistem üzerinde iki farklı şekilde kullanılabilir. Bunlar ise; 1- Seri pasif harmonik filtre, 2- Paralel pasif harmonik filtre.

**Seri Pasif Harmonik Filtre:** Kaynak ile harmonik oluşturan yükün arasına seri olarak bağlanan endüktans (L) elemanından meydana gelmektedir. Görsel 2'de seri pasif harmonik filtrenin tek hat şemasına yer verilmiştir.



**Görsel 2. Seri pasif harmonik filtresi.**

**Paralel Pasif Harmonik Filtre:** Kaynak ile harmonik oluşumuna sebebiyet veren yükün arasına paralel bağlantısı yapılan kondansatör (C), Endüktans (L) bazı durumlarda da direnç (R) elemanlarından oluşabilmektedir. Görsel 3'te paralel pasif harmonik filtrenin tek hat şemasına yer verilmiştir.

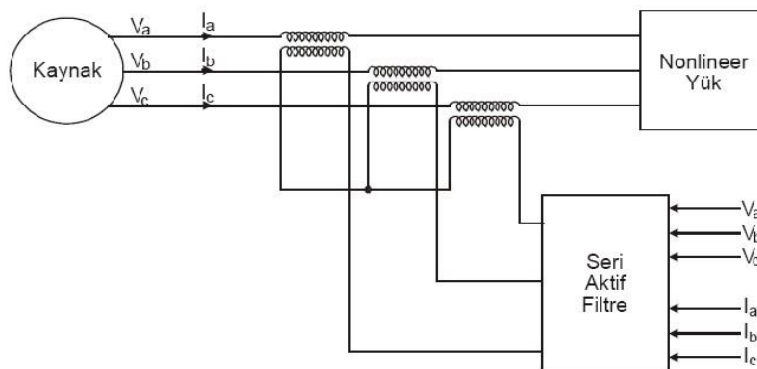


**Görsel 3. Paralel pasif harmonik filtresi.**

### 2.3. Aktif Harmonik Filtre

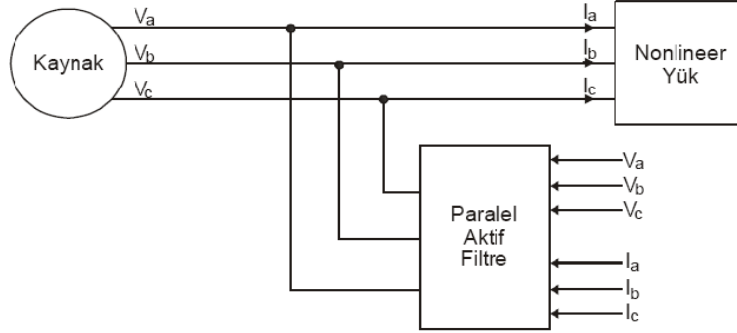
Aktif harmonik filtre; sistem üzerinde meydana gelen harmonik frekanslarını yok etmek için sisteme aynı genlikte, fakat ters bir akımı iletip ortadan kaldırma metodudur. Bu metod ile akımda oluşan harmoniklerin olumsuz etkileri en aza indirilmiş veya bertaraf edilmiş olacaktır [5]. Aktif harmonik filtre iki çeşit olarak kullanılabilir. Bunlar; 1- Seri aktif güç filtre, 2- Paralel aktif güç filtre.

**Seri Aktif Güç Filtre:** Gerilimde meydana gelen istenmeyen değişiklikler, sistem üzerindeki dengesizlikler, sistemde meydana gelen harmonikler ve şebeke üzerinde yükteki dalga formlarında oluşan bozulmalarda da seri aktif güç filtresi kullanılmaktadır. Görsel 4'te seri aktif güç filtresinin tek hat şemasına yer verilmiştir.



#### Görsel 4. Seri aktif güç filtre.

**Paralel Aktif Güç Filtre:** Paralel aktif güç filtresi akımda oluşan dengesizlikleri, yüksek dereceli ve düşük dereceli olarak oluşan harmoniklerini, nötr akımlarını ve reaktif güç değerlerini yok edebilmek için kullanılabilir. Görsel 5'te paralel aktif güç filtresinin tek hat şeması verilmiştir.



Görsel 5. Paralel aktif güç filtresi.

**Çizelge 3. Pasif harmonik filtrenin ve aktif harmonik filtrenin karşılaştırılması [7].**

| Durum                                       | Pasif Harmonik Filtre                                           | Aktif Harmonik Filtre                                             |
|---------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------|
| Harmonik akımlarının kontrolü               | Her harmonik frekansı için ayrı filtre gereklidir.              | Aynı anda birçok harmonik akımın kontrolü mümkündür.              |
| Harmonik frekanslarının değişmesinin etkisi | Filtrenin etkisi azalır.                                        | Etkilenmemektedir.                                                |
| Empedans modifikasyonu etkisi               | Rezonans riski vardır.                                          | Etkilenmemektedir.                                                |
| Akım yükselmesi riski                       | Aşırı yüklenme ve bozulma riski vardır.                         | Aşırı yüklenme riski yoktur.                                      |
| Sisteme yeni yük ilavesi                    | Filtrenin değiştirilmesi gerekebilir.                           | Herhangi bir soruna neden olmaz.                                  |
| Sistemdeki temel dalganın frekans değişimi  | Ayarlanma imkânı mümkün olmadığından değiştirilmesi gerekir.    | Ayar yapıp uyum sağlanabilir.                                     |
| Boyutları ve ağırlığı                       | Harmonik genliğine ve derecesine göre çok değişkenlik gösterir. | Boyutu küçük ve ağırlığı azdır.                                   |
| Maliyeti                                    | İlk maliyeti düşük olmasına rağmen bakım maliyeti yüksektir.    | İlk maliyeti yüksek olmasına rağmen bakıma ihtiyaç duymamaktadır. |

### 3. SONUÇLAR VE DEĞERLENDİRME

#### 3.1. Rektörlük Binası Trafosunda Yapılan Ölçümler

Güre Kampüsü mevkiinde bulunan Rektörlük binası aboneliğini incelediğimizde Rektörlük binası trafosunda 600 kVA gücünde trafo ve 415 kVA gücünde dizel jeneratör vardır. Rektörlük binası trafosundan; Personel Daire Başkanlığı, Yapı İşleri ve Teknik Daire Başkanlığı, İdari ve Mali İşler Daire Başkanlığı, Genel Sekreterlik ve Rektörlük Makamının elektrik enerjisi

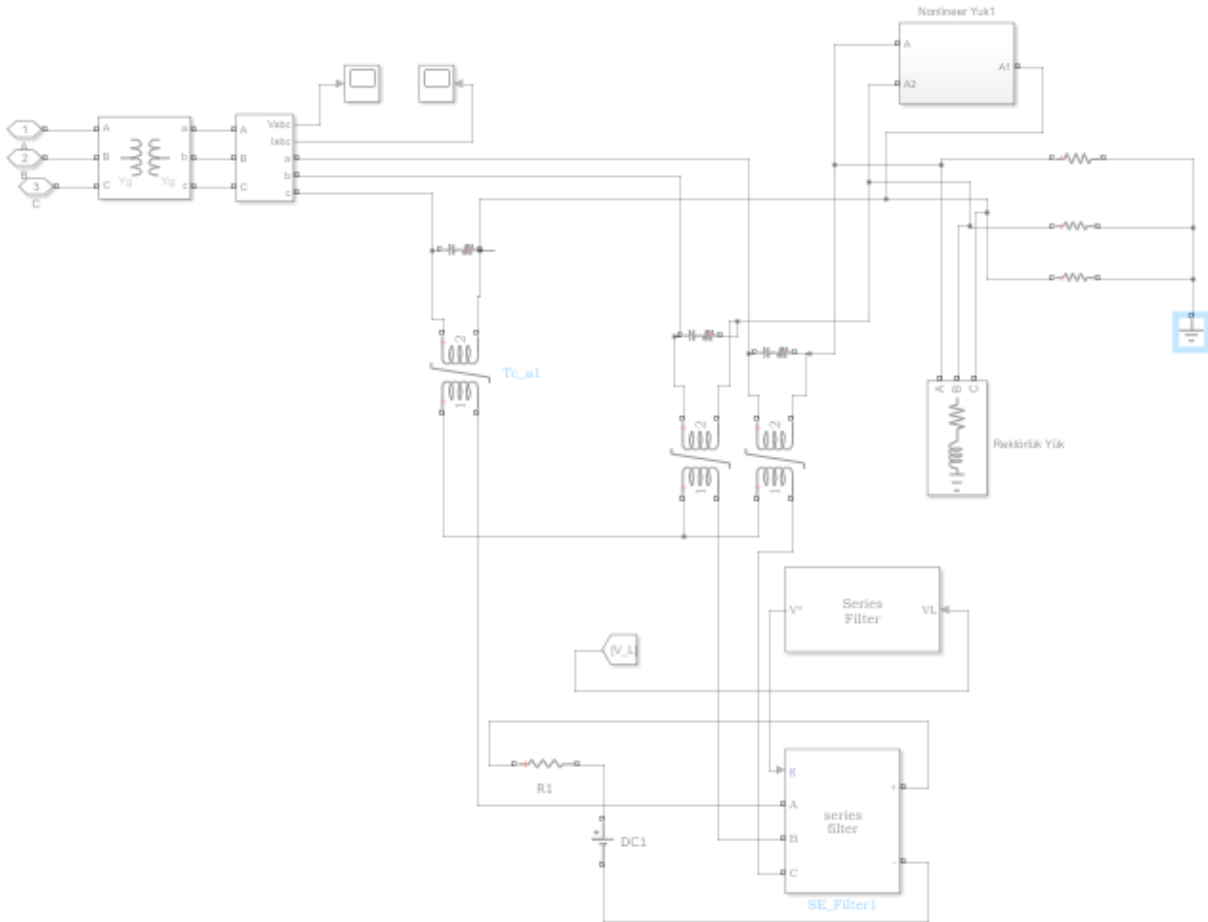
ihtiyaçları karşılanmaktadır. Rektörlük binasına ait ölçüm sonuçları Çizelge 4’de yer verilmiştir.

**Çizelge 4. Rektörlük Binası Trafosunun ölçüm sonuçları.**

| Trafo No.                     | Referans Değer | Rektörlük Binası Trafosu |
|-------------------------------|----------------|--------------------------|
| Toplam Güç - Maksimum         | kW             | 69,2                     |
| Toplam Güç - Minimum          | kW             | 15,56                    |
| Toplam Güç - Ortalama         | kW             | 31,21                    |
| 08:00 - 18:00 Ort. Toplam Güç | kW             | 46,36                    |
| 20:00 - 10:00 Ort. Toplam Güç | kW             | 21,04                    |
| Ortalama Gerilim              | 380 V          | 398,12                   |
| Ortalama Gerilim              | 220 V          | 229,84                   |
| Harmonik Akım -[TDH] I        | [THD]I<% 5     | 35,08                    |
| Harmonik Gerilim - [TDH] V    | [THD]V<% 3     | 1,60                     |

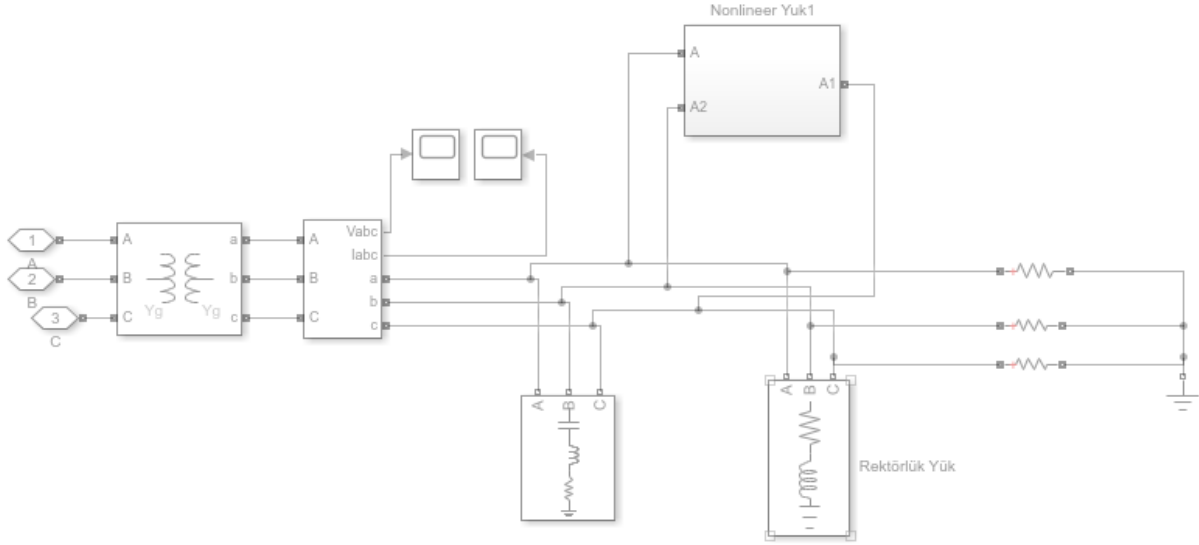
### 3.2. Sistem Üzerinde Bulunan Harmonikli Yapıya Tek Ayarlı Şönt Filtrenin ve Seri Aktif Güç Filtresinin Eklenmesi Simülasyonu

Rektörlük binası trafo merkezinin simülasyonuna tek ayarlı şönt filtre ve aktif güç filtresi dahil edildikten sonra ki durumları incelenmiştir. Çıkan sonuçlara bakıldığında THDI’si, ve akıma ait FFT analizi MATLAB/Simulink programı yardımıyla simülasyonunun modellenmesi yapılmıştır.



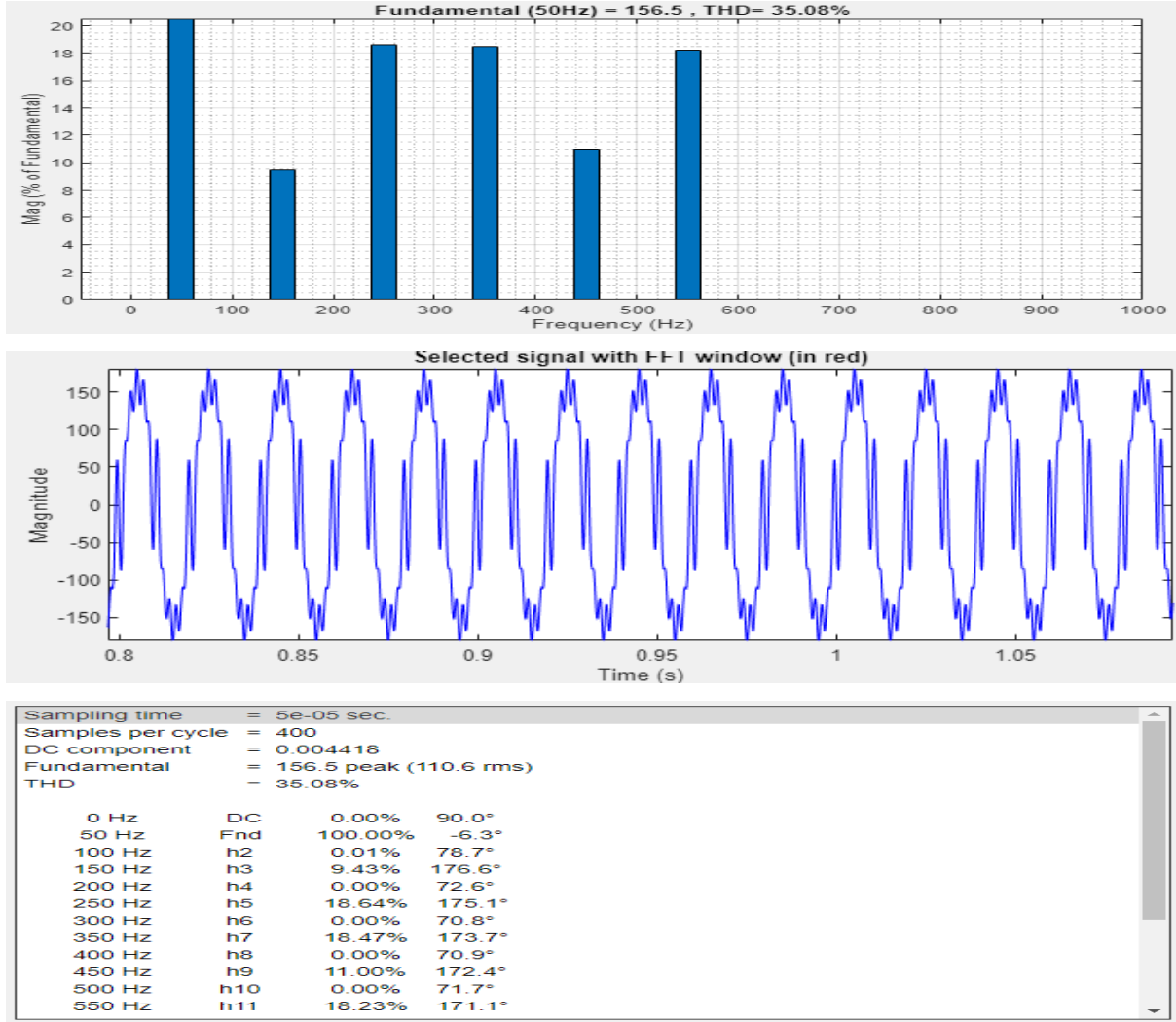


**Görsel 6. Rektörlük binası seri aktif güç filtreli simülasyonuna ait Matlab/Simulink modellemesi.**



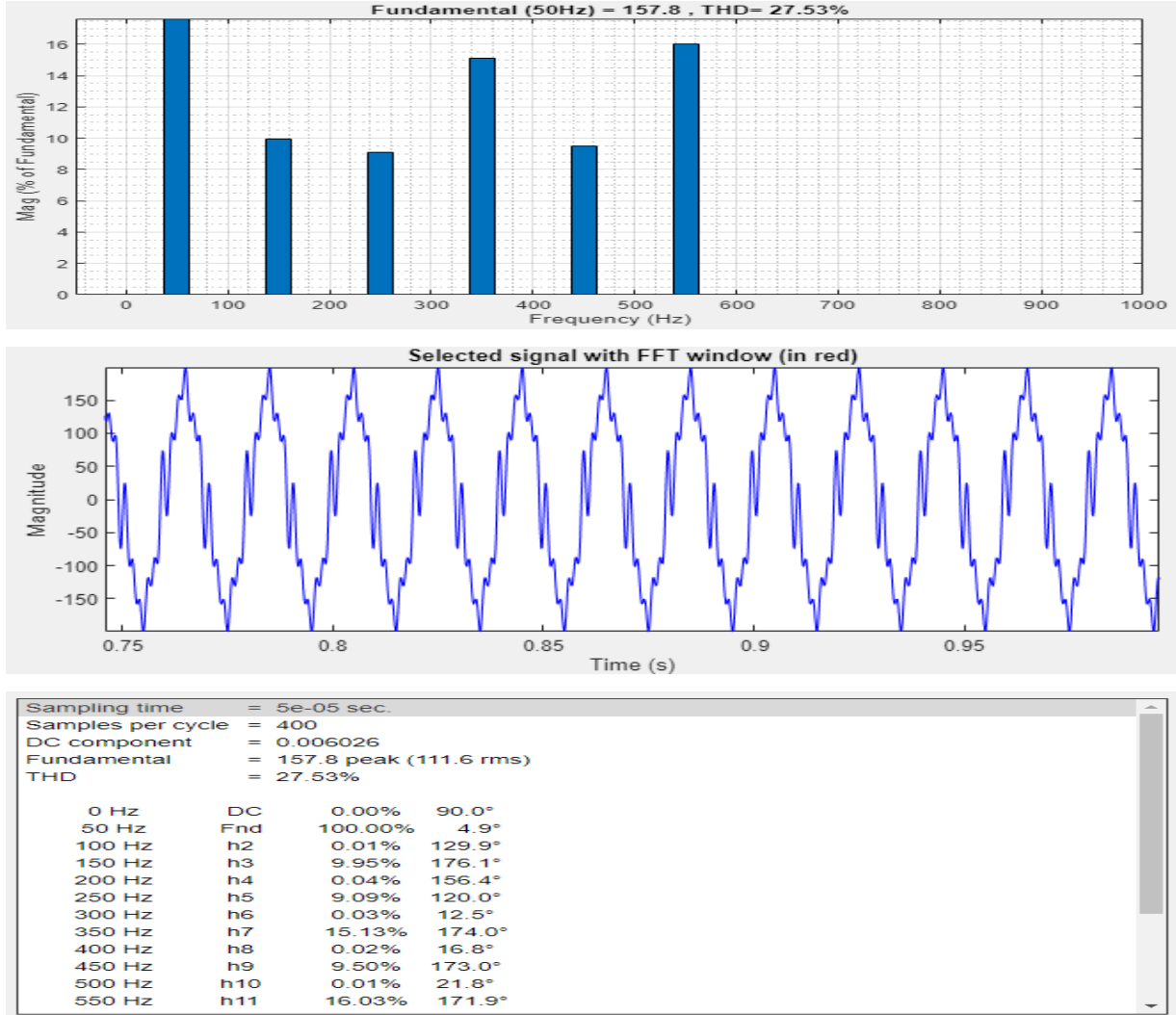
**Görsel 7. Rektörlük binası tek ayarlı şönt filtre simülasyonuna ait Matlab/Simulink modellemesi.**

Harmonik analizi yapılan Rektörlük binasına ait MATLAB/Simulink modelleme işlemi ve harmonik kaynaklarının çıktıları Görsel 6’da ve Görsel 7’de yer verilmiştir. Trafonun değerine ve yük değerine bakılarak, harmonik çıktıları, akım kaynağını ve FFT analizlerini analizinin daha açıklayıcı olması için sisteme dahil edilmiştir. Sonra ki durumda harmoniklerin olumsuz etkilerini ölçmek ve sistem üzerinden tasarımını yaparak standartlara getirilmesi için pasif güç filtresi ve aktif güç filtresi eklenerek modellemesi yapılmıştır. Formüller yardımıyla hesabı yapılan değerler simülasyona işlenip eklenerek simülasyon çalışır hale getirilmiştir. Sistem simülasyonu için Rektörlük binası trafosunun filtre yokken harmonik çıktıları ve filtre devredeyken harmonik çıktılarına yer verilmiştir.



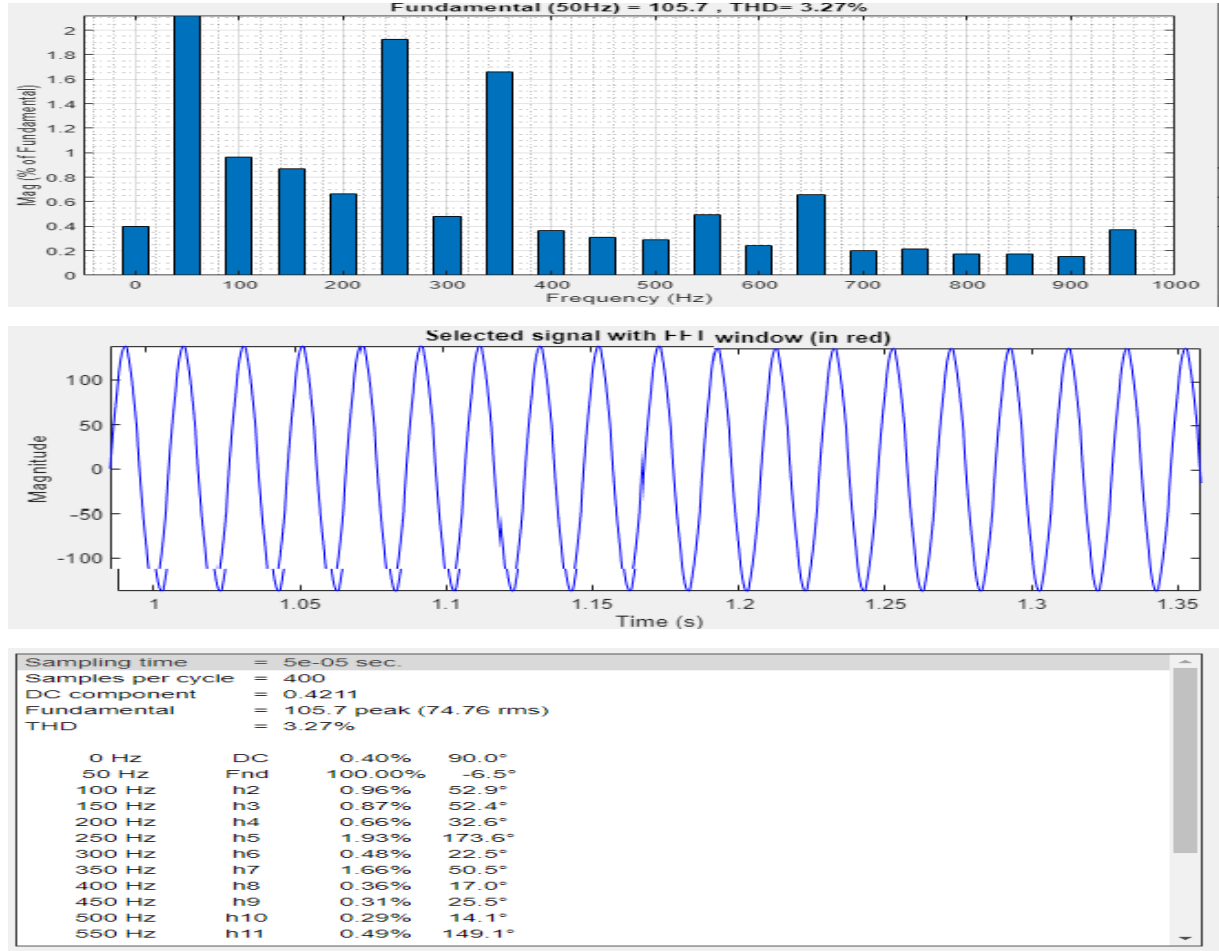
**Görsel 8. Rektörlük binası trafosunun filtre yokken simülasyonuna ait Matlab/Simulink çıktıları.**

Görsel 8’de Rektörlük binası trafosunun filtre yokken simülasyonuna ait Matlab/Simulink çıktıları incelendiğinde sistemde 3, 5, 7, 9 ve 11. harmonikleri uluslararası (IEC 519-1992) standardına göre belirlenen sınır değerini aştığı görülmektedir. Sistemin temel frekans değeri 50 Hz’dir. FFT analizi ile Rektörlük binası trafosunun filtre yokken ki çıktılarına yer verilmiştir. Harmonikler için filtre yokken yüklü kısımların verilerine yer verilmiştir. FFT analiziyle Rektörlük binası trafosunun filtre yokken ki harmonikleri için, sonuç verilerinin uluslararası (IEC 519-1992) standardı aştığı görülmüştür.



**Görsel 9. Rektörlük binası trafosunun tek ayarlı şönt filtre devredeyken ki Matlab/Simulink çıktıları.**

Görsel 9’da Rektörlük binası trafosunun tek ayarlı şönt filtre devredeyken ki Matlab/Simulink verilerine bakıldığında sistemde 3, 5, 7, 9 ve 11. harmoniklerini az da olsa giderdiği görülmüş fakat Uluslararası (IEC 519-1992) standardına göre belirlenen  $[THD]I < \% 5$  sınırına gelmediği görülmüştür. Sistemin temel frekans değeri 50 Hz’dir. FFT analizi ile Rektörlük binası trafosunun tek ayarlı şönt filtre devredeyken ki çıktılarına yer verilmiştir. FFT analiziyle birlikte Rektörlük binası trafosunun tek ayarlı şönt filtre devredeyken ki harmonikleri için, sonuçların uluslararası (IEC 519-1992) standart seviyesinde olmadığı ve aştığı görülmüştür.



**Görsel 10. Rektörlük binası trafosunun seri aktif güç filtresi devredeyken ki Matlab/Simulink çıktıları.**

Görsel 10'da Rektörlük binası trafosunun seri aktif güç filtresi devrede olduğu zaman ki Matlab/Simulink çıktılarına bakıldığı zaman sistemde 3, 5, 7, 9 ve 11. Harmoniklerin uluslararası (IEC 519-1992) standardına göre belirlenen  $[THD]_I < \% 5$  sınır değerine geldiği görülmektedir. Sistemin temel frekans değeri 50 Hz'dir. FFT analizi ile Rektörlük binası trafosunun seri aktif güç filtresi devredeyken ki sonuçlarına yer verilmiştir. Harmonikler için seri aktif güç filtresi devrede olduğu zaman ki yüklü kısımların sonuçlarına yer verilmiştir. FFT analiziyle birlikte Rektörlük binası trafosunun seri aktif güç filtresi devredeyken ki harmonikleri için, sonuç çıktılarının uluslararası (IEC 519-1992) standart değer seviyelerine ulaştığı anlaşılmaktadır.

**Çizelge 5. Filtresizken, tek ayarlı şönt filtre ve seri aktif güç filtresi devredeyken oluşan harmoniklerin  $THD_I$ 'si.**

| Ölçüm Yapılan Trafolar   | Filtre Yokken $THD_I$ | Tek Ayarlı Şönt Filtreli $THD_I$ | Seri Aktif Güç Filtreli $THD_I$ |
|--------------------------|-----------------------|----------------------------------|---------------------------------|
| Rektörlük Binası Trafosu | %35,08                | %27,53                           | %3,27                           |

Simülasyon çıktılarına incelendiğinde ilk olarak filtre yokken, akım harmoniklerinin  $[THD]I < \% 5$  standardını aştığını, tek ayarlı şönt filtre devredeyken akım harmoniklerinin nispeten azaldığı fakat  $[THD]I < \% 5$  standardının yine üstünde olduğu, seri aktif güç filtresini devreye aldığımız zaman uluslararası standartlar seviyesine geldiği görülmektedir.

#### 4. SONUÇ VE ÖNERİLER

Giresun Üniversitesi güre kampüsü mevkiisin de bulunan Rektörlük binasında yapılan ölçümlerin sonucunda, trafo verilerinin analizi yapılmış, harmonik akım değerlerinin IEEE standardında ulaşmadığı ve THDI  $\%35,08$  olarak ölçülmüştür. Simulasyon verilerine bakıldığında Rektörlük binasının harmonikleri için grafikleri ve FFT analizleri yapılarak çıktıları verilmiştir. Simülasyon yardımı ile pasif harmonik güç filtresi ve aktif harmonik güç filtresinin modellemesi yapılmıştır. Tek ayarlı şönt filtre simülasyona eklenerek yapılan ölçümlere baktığımız zamanda, harmonik akım sonuçlarının IEEE standardında olmadığı Rektörlük binası trafosunun THDI  $\%27,53$  seviyelerine geldiği ve harmonikleri çok az giderdiği görülmüştür. IEEE standardına  $[THD]I < \% 5$  bakıldığı zaman standartlara gelmediği görülmüştür. Rektörlük binası simülasyonuna seri aktif güç filtresi eklenerek yapılan ölçümlerin sonucunda, harmonik akım değerlerinin IEEE standardına  $[THD]I < \% 5$  geldiği, Rektörlük binası trafosunun THDI  $\%3,27$  seviyesinde olduğu ve harmonikleri IEEE standardına ulaştığı görülmüştür. Yapmış olduğumuz çalışmaya bakıldığında Giresun Üniversitesi Güre Kampüsü mevkiisin de yer alan Rektörlük binası trafosunun enerji tüketimi açısından harmonik etkilerini azaltıp, oluşacak maddi ve manevi problemleri minimize ederek, Rektörlük binası trafosunun enerji kalitesinin belirlenen standartlara gelmesi sağlanmıştır. Modellemenin günlük hayatta kullanımda olan sisteme eklendikten sonra enerji kalitesi bakımından istenilen seviyelere gelmesi sağlanacaktır. Harmonik sorunu ise mevcut şartlar altında ortadan kalkacaktır. Rektörlük binasında kullanılan cihazların seri aktif güç filtresi sisteme eklendikten sonra üzerinde bulunan harmoniğin olumsuz etkilerinin ortadan kaldırılabilir veya en aza indirilmesi sağlanabilir. Rektörlük binasında yapılması gereken düzenlemeler ışığında maddi ve manevi olarak istenmeyen olumsuz durumları en aza indirip, enerji kalitesi açısından verimli sonuçlar çıkaracaktır.

#### KAYNAKÇA

- [1] Rüstemli, S., Cengiz M.S. ve Dinçer F., Elektrik tesislerinde harmoniklerin Aktif Filtre Kullanılarak Yok Edilmesi ve Simülasyonu, BEU Journal of Science and Technology, 2, 30-38, 2013.
- [2] Özkaya, M. Aydınlatma Tekniği, Birsen Yayınevi, 1998.
- [3] Çağlar, M. Dünya ve Türkiye’de Enerji Verimliliğine Bakışımız, İTÜ Enerji Çalıştay, 34-37, İstanbul, 2007.
- [4] Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu, Elektrik Piyasasında Dağıtım Sisteminde Sunulan Elektrik Enerjisi Tedarik Sürekliliği, Ticari ve Teknik Kalitesi Hakkında Yönetmelik, Resmî Gazete, 2006.

- [5] Rüstemli, S. Kocaman, B. ve Tekev, S. Güç Sisteminde Oluşan Harmonik ile Ara Harmoniklerin Modellenmesi ve Simülasyonu, EMO Bilimsel Dergi, 12, 67-79, 2022.
- [6] Rüstemli, S., Okuducu, E. ve Efe, S. B., Elektrik tesislerinde harmoniklerin pasif filtre kullanılarak azaltılması ve simülasyonu, Elektrik-Elektronik Mühendisleri Odası Sunumu.
- [7] Rüstemli, S. and Cengiz, M.S. Active filter solutions in energy systems. Turkish Journal of Electrical Engineering and Computer Sciences, 23, 1587-1607, 2015.

## ADAS SİSTEMLERİNDE KULLANILAN KAMERA VE RADAR SİSTEMLERİNİN UYGULANMASI VE KARŞILAŞTIRILMASI

**Ar-Ge Elektrik Yazılım Mühendisi, Âdem Sevilmiş**

Ulaşım İç ve Dış Ticaret A.Ş., [adem.sevilmis@ulasim-as.com](mailto:adem.sevilmis@ulasim-as.com) , 0009-0005-3417-6842

**Ar-Ge Elektrik Yazılım Ekip Lideri, -İbrahim Bilen**

Ulaşım İç ve Dış Ticaret A.Ş., [ibrahim.bilen@ulasim-as.com](mailto:ibrahim.bilen@ulasim-as.com) , 0000-0001-9985-5823

**Ar-Ge Elektrik Yazılım Mühendisi, Muhammet Sefa Odabaşı**

Ulaşım İç ve Dış Ticaret A.Ş., [sefa.odabasi@ulasim-as.com](mailto:sefa.odabasi@ulasim-as.com) , 0000-0002-8834-8196

**Ar-Ge Elektrik Yazılım Mühendisi, Mehmet Kuş**

Ulaşım İç ve Dış Ticaret A.Ş., [mehmet.kus@ulasim-as.com](mailto:mehmet.kus@ulasim-as.com) , 0009-0009-9174-792X

### ÖZET

Gelişmiş Sürücü Yardımcı Sistemleri (ADAS), sürüş güvenliğini artırmaya yönelik çeşitli sensörler ve algılama teknolojiler kullanarak, sürücüye daha iyi bir çevresel farkındalık sunmaktadır. ADAS teknolojilerinin sürekli gelişimi, gelecekteki sürüş deneyimlerinin temelini atmaktadır. ADAS sistemleri, otonom araçlar için temel bir yapı taşıdır. Otonom araçların güvenli ve verimli bir şekilde çalışabilmesi için, çevresel algılama, veri işleme, karar verme ve sürüş stratejileri gibi pek çok kritik fonksiyonun doğru bir şekilde entegre edilmesi gereklidir. ADAS, bu süreçlerin tamamını destekleyerek, otonom sürüşün başarılı olmasına katkı sağlar. Hem güvenlik hem de araçların çevrelerine uygun şekilde hareket etmeleri için ADAS teknolojileri, otonom araçların geleceği için vazgeçilmezdir. Radar ve kamera teknolojisi, ADAS uygulamalarında önemli bir yer tutmakta ve çevresel verilerin doğru bir şekilde algılanması için kritik bir rol oynamaktadır. Radar, fisheye kamera, lidar ve diğer sensör teknolojileri sayesinde, araçlar çevrelerini daha hassas bir şekilde algılayacak ve sürücüsüz sürüşe doğru adım adım ilerleyecektir. Radar, elektromanyetik dalgalar kullanarak çevredeki nesneleri tespit eden bir sensör teknolojisidir. Özellikle mesafe, hız ve yön bilgisi sağlamak için kullanılır ve düşük ışık koşullarında, kötü hava şartlarında (yağmur, sis) etkili performans sergiler. Fisheye kamera teknolojileri ise görsel veri toplama kapasitesine sahip sensörlerdir. Yüksek çözünürlükleri sayesinde yol işaretlerini, şerit çizgilerini ve çevresindeki nesneleri detaylı bir şekilde analiz edebilir. Ancak kameralar, düşük ışık koşullarında ve zorlu hava şartlarında sınırlı kalabilir. Radar, özellikle güvenlik odaklı uygulamalarda, fisheye kameralar ise çevresel farkındalık ve görsel algılama görevlerinde güçlüdür. Bu bildiride ADAS sistemlerinde kullanılan radar ve kamera sistemlerinin karşılaştırılması yapılmıştır.



## **Anahtar Kelimeler:** ADAS, Radar, Fisheye Kamera

### **1. GİRİŞ**

Otomotiv topluluğu, kazaların sıklığını azaltarak daha güvenli ve daha verimli bir sürüş deneyimi elde etme hedefi doğrultusunda çalışmaktadır. Bu hedefe ulaşmanın bir parçası olarak, ADAS olarak adlandırılan teknolojiler, potansiyel olarak tehlikeli durumlarda uyarıda bulunarak veya çarpışmayı azaltmak için aktif olarak müdahale ederek sürücüye sürekli destek sağlamak için araçlara eklenmektedir. [1] Dünya Sağlık Örgütü'nün son araştırmaları, her yıl 1,25 milyon ölümün yol trafik kazaları nedeniyle gerçekleştiğini gösteriyor [2]. Dahası, son yıllarda bu tür kazaların yıllık küresel maliyeti 518 milyar ABD doları olup, bu da dünyadaki tüm ülkelerin gayri safi yurtiçi hasılasının yaklaşık %1-2'sini götürüyor [3]. Bu yüksek ölüm oranları, parasal kayıplar ve akıllı güvenlik sistemlerine yönelik artan müşteri talebi, OEM'lerin ADAS'ları geliştirmesinin temel nedenlerinden bazılarıdır. ADAS tarafından desteklenen her uygulama kendi özel sensörünü gerektirir. Örneğin, lazer tabanlı yaklaşım, radar tabanlı yaklaşım veya görüş algılama, ADAS işlevlerinden birini temsil eden bir aracın güvenli mesafesini korumak için hız kontrol sistemleri geliştirmek için kullanılmıştır [4]. Otomotiv uygulamalarında, sürücü destek sistemleri genellikle 22-29 GHz (K bandı) ve 77-81 GHz (W bandı) radar kullanır.

Radar, kısa menzilli ve geniş açılı (genellikle 50 m'ye kadar, 130 derecelik görüş alanı, düşük açısal çözünürlük), orta menzilli ve geniş açılı (genellikle 100 m'ye kadar ve 30 dereceden fazla görüş alanı) ve uzun menzilli ve dar açılı (genellikle 100 m'den fazla ve 20 dereceden az görüş alanı, yüksek açısal çözünürlük) algılama alanlarını kullanarak nesneleri algılamak için kullanılır. Radar sistemi genellikle bir verici, alıcı ve nesne algılama, tanıma ve izleme algoritmasına sahip bir sinyal işleme biriminden oluşur. Sensörler ve algoritmalar, binek araçlar, kamyonlar, çekilen römorklar, motosikletler, yol kenarı nesneleri ve yayalar gibi yol ortamındaki doğal nesneleri bulmak ve izlemek için ayarlanmıştır.[5]. Fisheye kameralar, 180 dereceye kadar hatta bazı özel versiyonlarıyla 360 derece görüş alanı sunabilen ultra geniş açılı lensler kullanır. Bu sayede, çevredeki hemen hemen tüm alanları bir seferde görüntüleyebilir. Bu, özellikle park yardımı, kör nokta algılama ve çevre görüşü sistemlerinde çok önemlidir.

### **2. KULLANILAN SİSTEMLER**

#### **2.1. ADAS SİSTEMLERİ NEDİR?**

Gelişmiş Sürücü Destek Sistemlerinin (ADAS) amacı, sürücü hatasının azaltılması ve hatta ortadan kaldırılması, trafik ve ulaşım verimliliğinin artırılmasıdır. ADAS uygulamalarının faydaları, ekonomik maliyette ve kirlilikte önemli bir azalma nedeniyle potansiyel olarak önemli bir sistemdir. ADAS'ın birincil işlevi, gerçek zamanlı tavsiye, talimat ve uyarılar sağlayarak sürücülerin görev performansını kolaylaştırmaktır.

Bu tür sistemler genellikle "yardımcı sürücü sistemleri" veya "sürücü destek sistemleri" terimiyle de tanımlanır[6]. Bu sistemler, kazaları önlemek ve sürücünün çevresel farkındalığını artırmak için tasarlanmıştır. Bu sistemleri araçlarda kullanabilmek için çeşitli kamera ve radar

sistemleri mevcuttur. Hem kamera hem de radar sensörleri bu sistemlerin önemli birer bileşenidir, ancak her birinin kendine özgü avantajları ve sınırlamaları vardır.

Otomotiv sektöründe kullanılan kamera ve radarlar ACC (Adaptive Cruise Control), LDWS (Lane Departure Warning System), TSR (Traffic Sign Recognition), ISA (Intelligent Speed Assist), PAEBS (Pedestrian Advanced Emergency Braking System), HBA (High Beam Assist) ve BSIS/MOIS (Blind Spot Information System/Moving Off Information System) gibi sistemlerde kullanılırlar. Bu sistemler genellikle araç yanlarına, aracın önüne veya arka tampon bölgesine yerleştirilen sensörlerle çalışır.

### 2.1.1. KAMERA SENSÖR SİSTEMİ

Kameralar, ADAS gibi otomotiv güvenlik sistemlerinde çevreyi yüksek çözünürlüklü görsellerle analiz etmek için kullanılır. Çeşitli ışık sensörleri ve optik lensler aracılığıyla çevreden gelen ışığı toplayarak görüntü verisi oluşturur. Bu veriler, yapay zekâ ve görüntü işleme algoritmalarıyla analiz edilir. Kamera, hareket algılama özelliğiyle sadece bir nesnenin varlığını değil, aynı zamanda nesnenin türünü (örneğin, yaya, bisikletli veya araç) ayırt edebilir. Ancak kameraların düşük ışık koşullarında veya zorlu hava koşullarında performansı düşebilir. Bu tür durumlarda görüntü kalitesi azalır ve algoritma yanlış sonuç verebilir. Kamera sensörleri, saniyede çokça kare görüntü yakalayarak analiz için yüksek veri sağlar. Nesnelerin otomatik olarak tanımlanması için nesne tanıma algoritmaları kullanılır. Kameralardaki derin öğrenme yayaları, araçları, bisikletleri ve diğer nesneleri hızlıca tanımlama yapar.

Kamera hareketi analiz ederek nesnelerin yönünü ve hızını tahmin eder. Bu özellik, özellikle BSIS sisteminde, araç çevresindeki hareketli nesnelerin takip edilmesini kolaylaştırır. Karanlık, sis, yağmur veya kar gibi durumlarda kameralar zorlanabilir. Ancak otomotiv kameralarında gece görüş veya dinamik aralıklı (HDR) gibi özelliklerle düşük ışık koşullarında performansı artıran teknolojiler kullanılmaktadır. Gece görüş özellikli kameralar, düşük ışık koşullarında daha iyi performans sergileyerek sürücünün gece boyunca çevresel farkındalığını artırır. Görsel 1’de otomotiv sektöründe kullanılan FishEye kamera mevcuttur.



Görsel 1. FishEye Kamera

#### 2.1.1.1. Kamera Çeşitleri

ADAS gibi araç güvenlik sistemlerinde kullanılan kamera, bu sistemlerin gereksinimlerine göre seçilir. Kamera çeşitlerinin her biri, farklı mesafe, çözünürlük ve kullanım amacına göre

özelleştirilmiştir. Otomotiv sektöründe kullanılan kamera çeşitlerini ve her birinin özelliklerini detaylı bir şekilde inceleyelim.

- **RGB Kameralar:** Nesnelerin şekillerini, renklerini ve çevredeki detayları algılar. RGB kameralar genellikle araç çevresini izlemek, kör noktaları denetlemek ve nesne algoritmaları için kullanılır. ADAS sistemlerinde yaygın olarak tercih edilir.
- **Monokrom Kameralar:** Sadece siyah-beyaz görüntü sağlar ve renk bilgisini içermediğinden daha hızlı işlenir. Düşük ışık koşullarında renkli kameralardan daha iyi performans gösterir.
- **Kızılötesi (IR) Kameralar:** Kızılötesi ışık spektrumunda çalışır ve düşük ışık koşullarında bile net görüntü sağlar. IR kameralar özellikle gece ve zorlu hava koşullarında etkili çalışır. Gece görüş sistemi veya düşük ışık koşullarında kullanılan güvenlik sistemlerinde tercih edilir.
- **Termal Kameralar:** Nesnelerin ısı farkını algılayarak görüntü oluşturur. Yüksek maliyeti nedeniyle sadece üst düzey otomotiv güvenlik sistemlerinde veya otonom araçlarda kullanılır.
- **Geniş Açılı Kameralar (Fisheye veya 360° Kameralar):** Geniş bir görüş açısına sahip olan bu kameralar, daha geniş bir alanı kapsayabilir ve aracın tüm çevresini görüntüleyebilir. Görüş açısı genellikle 180 derece veya daha fazladır. Özellikle MOIS ve çevre izleme (BSIS) sistemlerinde kullanılır. Park asistanı, geri görüş kameraları ve 360° çevre izleme sistemleri için idealdir.
- **Stereoskopik (Stereo) Kameralar:** İki ayrı lens kullanarak derinlik algısı sağlar. Nesnelerin 3D olarak algılanmasına olanak tanır ve mesafe ölçümü yapabilir. Otonom sürüş ve güvenlik sistemlerinde, mesafe algılaması gereken durumlarda tercih edilir.

## 2.1.2. RADAR SENSÖR SİSTEMİ

Radarlar, elektromanyetik dalgalar yayarak nesneleri algılar ve ADAS gibi sistemlerde, araç çevresinde bulunan cisimlerin araç ile arasındaki mesafenin tayininde kullanılmaktadır. Verilerin analiz edildiği yazılımlar sayesinde aracın hareket kabiliyeti belirlenmektedir[7]. Radar teknolojisi kamera gibi optik veriye dayanmadığından çevresel koşullardan daha az etkilenir. ADAS sisteminde radar, çevrede hareketli nesnelerin hızını ve mesafesini tespit eder. Bu bilgiler, sürücünün hızını veya manevralarını ayarlaması için anlık uyarılar verir. Radarın en büyük avantajı, çevresel faktörlerden etkilenmemesidir. Bu nedenle ADAS, kötü hava koşullarında bile etkin bir güvenlik önlemi sunar. Ancak radar, nesneleri tanımlamada yetersiz kalabilir. Görsel 2’de otomotiv sektöründe kullanılan SRR radar mevcuttur.



**Görsel 2. SRR Radar**

Radar, bir nesnenin hız ve uzaklık bilgilerini hızlı ve kesin olarak sağlar. Bu özellik özellikle ADAS sistemlerinde önemlidir, çünkü bu verilerle sürücünün kör noktadaki nesneleri gerçek zamanlı olarak görmesi sağlanır. Radar verilerinde çevreden kaynaklanan "gürültü" veya sinyal kirliliğini azaltmak için çeşitli filtreleme algoritmaları kullanılır. Böylece, radar yalnızca gerekli nesneleri (örneğin bir araç veya yaya) tespit edebilir. Radar sinyalleri sis, yağmur ve kar gibi hava koşullarından etkilenmez. Bu, ADAS sistemlerinin her türlü hava koşulunda güvenilir sonuçlar vermesini sağlar. Radar ayrıca gece ve düşük ışık koşullarında da etkin çalışır, bu da radar teknolojisini her hava koşulunda ideal bir sensör haline getirir.

#### **2.1.2.1. Radar Çeşitleri**

Radarlar araca yakın ve uzak mesafedeki cisimlerin görüntülerini ve hareketlerini yakalayarak yine araçta bulunan yazılım vasıtası ile bu verileri değerli hale getirerek aracın hareket kabiliyetinin tanziminde kullanılır. Radarlar 360 derece tarama yapma kapasitesine sahiptir[8]. ADAS gibi araç güvenlik sistemlerinde kullanılan radarlar, bu sistemlerin gereksinimlerine göre seçilir. Radar çeşitlerinin her biri, farklı mesafe, çözünürlük ve kullanım amacına göre özelleştirilmiştir. Otomotiv sektöründe kullanılan radar çeşitlerini ve her birinin özelliklerini detaylı bir şekilde inceleyelim.

- **Kısa Menzilli Radarlar (Short Range Radar - SRR):** 0-30 metre gibi kısa mesafelerde çalışır. Düşük enerjiyle çalıştığı için yakındaki nesnelerin hızlı ve düşük maliyetli bir şekilde algılanmasını sağlar. BSIS gibi kör nokta algılama sistemlerinde aracın hemen yakınındaki araçları, nesneleri ve yayaları tespit etmek için kullanılır.
- **Orta Menzilli Radarlar (Medium Range Radar - MRR):** 30-80 metre arasındaki mesafelerde güvenilir algılama sağlar. Hem kısa hem de orta mesafedeki nesneleri algılamak için orta seviyede enerji kullanır.
- **Uzun Menzilli Radarlar (Long Range Radar - LRR):** 200 metreye kadar olan mesafelerde nesneleri algılayabilir ve aracın ön tarafında, yüksek hızla yaklaşan nesneleri veya araçları tespit edebilir. Genellikle çarpışma önleme(FCW) ve adaptif hız sabitleme(ACC) sistemlerinde kullanılır.
- **Doppler Radarlar:** Doppler etkisini kullanarak nesnelerin hızını çok hassas bir şekilde ölçer. Bu tip radarlar, bir nesnenin hareket edip etmediğini anlamak için frekans kaymasını analiz eder. Örneğin, sürüş sırasında yaklaşıp yaklaşmadığını veya uzaklaşıp uzaklaşmadığını anlamak için yararlıdır.

- **Ultrasonik Radarlar:** Ses dalgalarını kullanarak kısa mesafeli nesne algılaması yapar. Tipik olarak birkaç metre içinde algılama yapabilir ve hassas mesafe ölçümü sağlar. Özellikle yavaş hızlardaki hareketli nesnelerin tespitinde etkilidir.
- **FMCW Radar (Frekans Modüleli Sürekli Dalga Radar):** Mesafe ve hız bilgilerini aynı anda elde etmek için frekans modülasyonu kullanır. Otonom araçlar ve gelişmiş çarpışma önleme sistemlerinde tercih edilir. Aracın önündeki nesnelerin hem uzaklık hem de hız bilgilerini sağlamak için kullanılır.

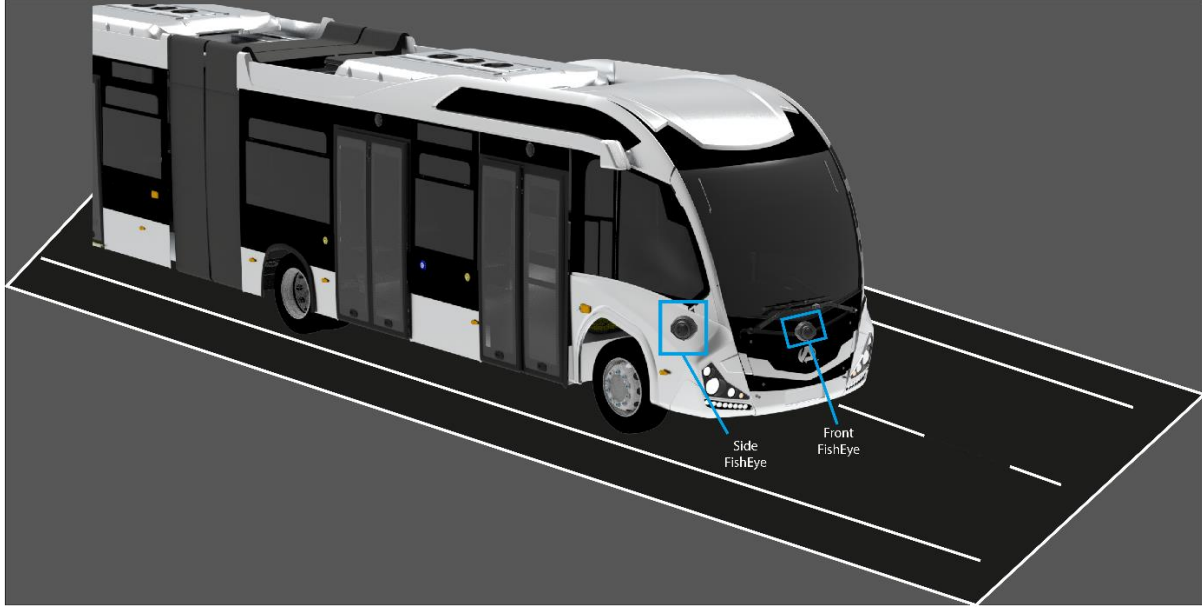
## 2.2. ÇALIŞMASI YAPILAN KAMERA VE RADAR ÇEŞİTLERİ

Sürücüsüz araç teknolojileri ve gelişmiş sürücü destek sistemleri (ADAS) gibi sistemlerde de çeşitli kamera ve radarlar kullanılmaktadır. Tek başlarına ve birlikte kullanıldıkları sistemlerde mevcuttur, bu sistemlerin birleşimi, aracın çevresini daha iyi anlamasını ve güvenli bir sürüş sağlamasını mümkün kılar.

ADAS sistemleri için yaygın olarak, Geniş Açılı Kameralar (Fisheye veya 360° Kameralar), Kısa Menzilli Radarlar ve Uzun Menzilli Radarlar, gibi sensörler tercih edilir. Bazı sistemlerde kamera ve radarlar kombine olarak çalışabilmektedir. Geniş Açılı Kameralar (Fisheye veya 360° Kameralar) ve Kısa Menzilli Radarlar BSIS/MOIS sistemleri için tercih edilirken, şerit takip (LDWS) , akıllı hız asistanı (ISA) gibi sistemlerde kamera kullanılır ve çarpışma önleme (FCW) sisteminde ise kamera ve radar kombine olarak kullanılabilir. İleri Acil Frenleme Sistemi, genellikle radar ve kameranın birlikte kullanılarak otomobil, motosiklet, yaya ve bisiklet gibi hedeflerin birlikte algılandığı sensör füzyonunun aktif olarak kullanıldığı bir fonksiyondur[9].

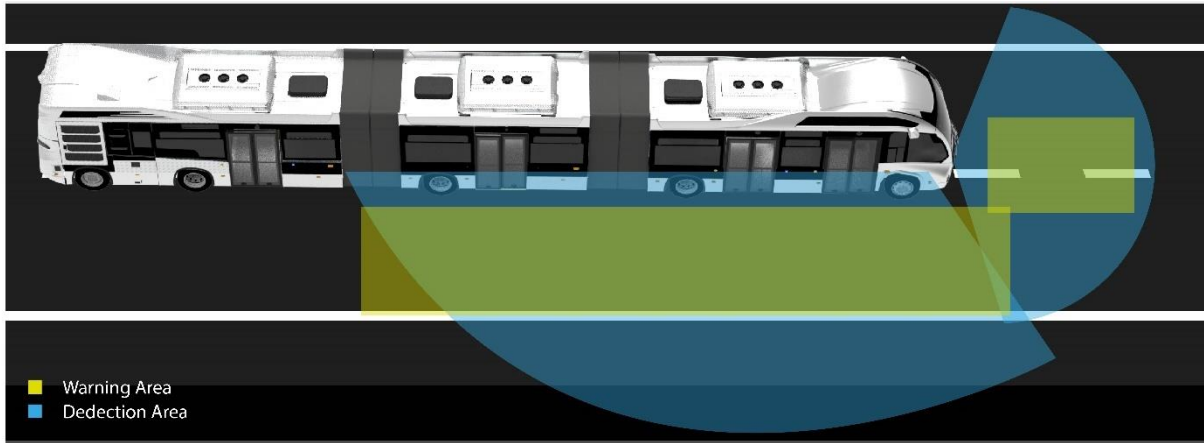
### 2.2.1. Geniş Açılı Kameralar (Fisheye veya 360° Kameralar)

Balık gözü kameralar, genellikle 180° veya daha büyük görüş alanına sahip standart kameralardan önemli ölçüde daha geniş bir görüş alanı sunar. Bu, tam kapsama alanı elde etmek için daha az kameranın kullanılabilmesi gibi çeşitli avantajlar sunabilir[10]. Bu özellikleri sayesinde geniş bir alanı tek bir çerçevede görüntüleyebilirler. Fisheye kameralar otomotiv güvenlik sistemlerinde, güvenlik kameralarında ve çeşitli endüstriyel uygulamalarda sıklıkla tercih edilir. Fisheye kameraların en belirgin özelliği, standart kameralardan çok daha geniş bir görüş açısına sahip olmalarıdır. Bu özellik, araç içinde veya çevresinde çok geniş bir alanı kapsayarak kör nokta sorununu azaltır.



**Görsel 3.** FishEye Kameranın Araç Üzerindeki Konumları

Bu yüksek alan derinliği, kameranın hem yakın hem de uzak nesneleri net bir şekilde göstermesini sağlar. Özellikle dar alanlarda park manevralarında, kör nokta algılamasında veya çevre izleme sistemlerinde bu özellik oldukça avantajlıdır. Aracın ön, arka, sağ ve sol yanlarına yerleştirilen kameralar, aracın çevresini tamamen kapsayan bir görüntü sunar. Su geçirmezlik, toz geçirmezlik ve darbeye dayanıklılık gibi özelliklerle donatılabilir. Araç çevresindeki kirli veya yağışlı koşullarda bile güvenilir görüntü sağlayacak yapıda olmaları amaçlanır. Görsel 4'te FishEye kameranın görüş açıları verilmiştir[11].



**Görsel 4.** FishEye Kameranın Araç Üzerindeki Görüş Açıları

#### **Kör Nokta Tespiti:**

- Fisheye kameralar aracın yan veya arka kör noktalarını izlemek için kullanılır.

#### **Park Asistanı ve Geri Görüş Kameraları:**

- Geniş açılı görüntü sayesinde dar alanlarda park ederken çevredeki nesneleri tespit edebilir.



### 360° Çevre Görüş Sistemi:

- Fisheye kameralar, aracın dört bir yanına yerleştirilerek tüm çevrenin izlenmesini sağlar.

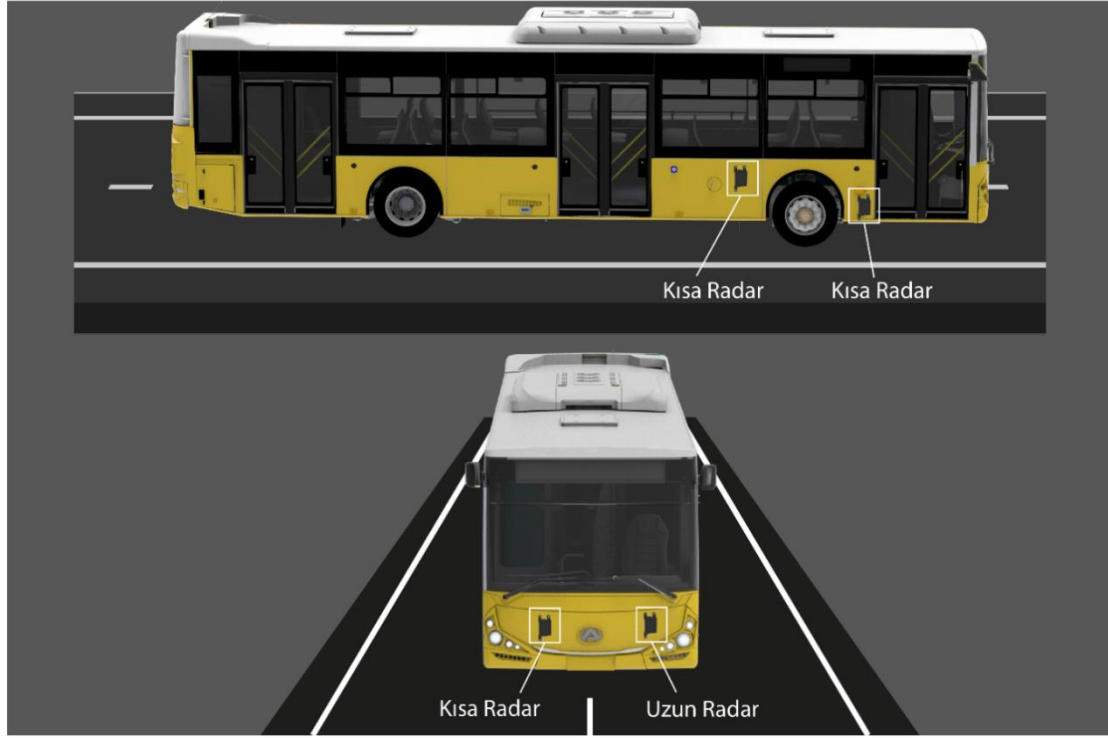
| Avantajlar                                               | Dezavantajlar                                 |
|----------------------------------------------------------|-----------------------------------------------|
| Geniş alanı tek bir çerçevede kapsama imkânı             | Kenarlarda görüntü bozulması (distortion)     |
| Yüksek alan derinliği ile hem yakın hem uzak net görüntü | Detay seviyesinin düşük olması                |
| 360° çevre görüş sistemleri için ideal                   | Yazılımsal düzeltme ihtiyacı                  |
| Düşük ışık koşullarında çalışma imkânı                   | Geniş açılı lensler yüksek maliyetli olabilir |

**Tablo1.** SRR Radarların Avantaj ve Dezavantajları

#### 2.2.2. Kısa Menzilli Radarlar

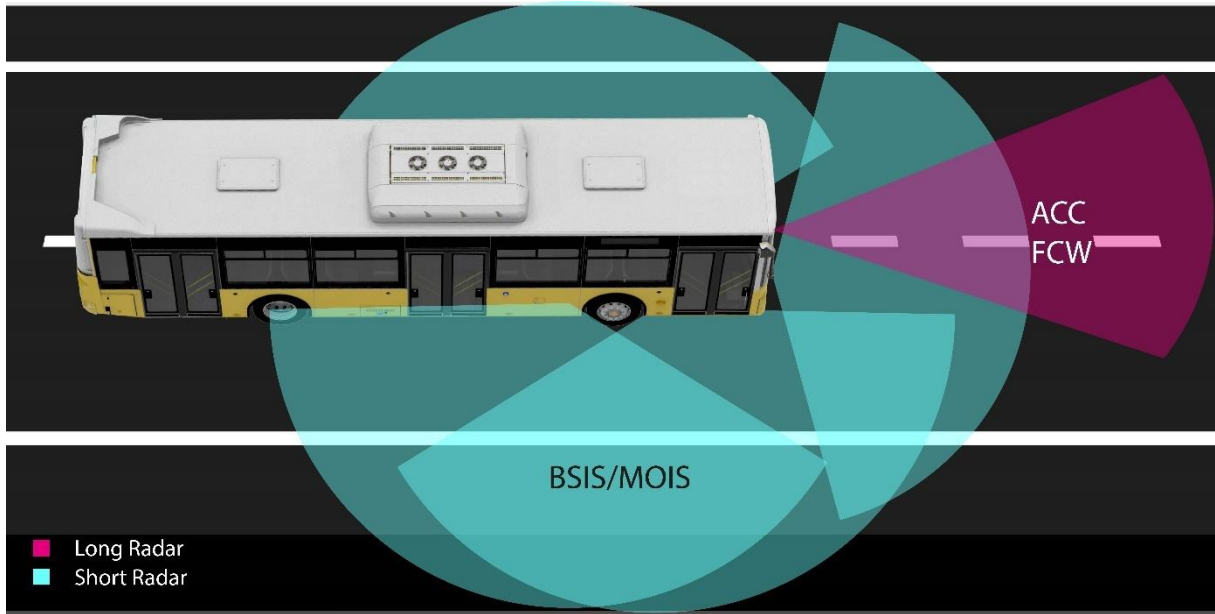
Kısa Menzilli Radarlar (Short Range Radar- SRR), araç çevresindeki yakın mesafede bulunan nesneleri algılayabilen, otomotiv güvenlik sistemlerinde kullanılan radar türleridir. Tipik olarak 0.2 ile 30 metre arasında bir algılama menziline sahip olan SRR'ler, yüksek çözünürlükte veriler sunarak araçların güvenliğini artırmak için çeşitli görevlerde kullanılır. Örneğin, park yardımı, kör nokta algılama, çarpışma önleyici sistemler ve arka çapraz trafik uyarıları gibi işlevlerde kısa menzilli radarların sağladığı hızlı ve doğru algılama yetenekleri kritik öneme sahiptir. Kısa menzilli radarlar, genellikle 24 GHz veya 77 GHz frekans bantlarında çalışır. Yüksek frekanslar daha kısa dalga boylarına sahip olduğundan, kısa mesafedeki nesnelerin hassas algılanmasını sağlar.





**Görsel 5.** SRR ve LRR Radarların Araç Üzerindeki Konumları

Yüksek bant genişliği, daha fazla bilgi sağlayarak nesnelerin konumu, hızı ve hareket yönü hakkında ayrıntılı veri sunar. SRR'ler, yağmur, sis, kar ve gece gibi olumsuz hava ve ışık koşullarında da etkili bir şekilde çalışır. Kısa menzilli radarlar, ışığa duyarlı olmadıkları için kamera sistemlerinin aksine görüş koşullarından etkilenmez. Tablo2 ve Tablo3'te SRR ile ilgili detaylı bilgiler verilmiştir[12].



## Görsel 6. SRR ve LRR Radarların Araç Üzerindeki Görüş Açıları

### Kör Nokta Algılama Sistemi (Blind Spot Detection- BSD)

- Kör nokta algılama sisteminde, araç yanlarına monte edilen SRR'ler, sürücünün görmediği alanlarda bulunan araçları tespit ederek sürücüyü uyarır.
- Şerit değiştirme sırasında kör noktadaki bir aracı veya nesneyi algıladığında görsel veya işitsel uyarılar verir.

### Park Yardımı ve Çarpışma Önleme Sistemi

- Park etme sırasında çevredeki nesneleri algılayarak sürücüyü yönlendirir. Özellikle arka tamponun çevresine yerleştirilen SRR'ler, park esnasında nesnelerle olan mesafeyi ölçerek uyarı verir.

### Otonom Sürüş Uygulamaları

- Otonom araçlarda SRR'ler, aracın yakın çevresindeki nesneleri yüksek doğrulukla algılar ve bu nesnelerin konumunu, hızını ve yönünü analiz eder.
- Yakın çevredeki yaya, bisiklet veya diğer araçların hareketlerini anında algılayarak otonom sürüş sistemine veri sağlar.

| Avantajlar                                    | Dezavantajlar                                                      |
|-----------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------|
| Çeşitli hava ve ışık koşullarından etkilenmez | Sadece kısa mesafede algılama yapabilir                            |
| Hızlı tepki süresi ve yüksek çözünürlük       | Hedef nesnelerin boyutuna göre hassasiyeti değişir                 |
| Kompakt boyut ve kolay entegrasyon            | Karmaşık çevrelerde yanlışma payı olabilir                         |
| Düşük enerji tüketimi                         | Yüksek hızlı nesneleri algılama yeteneği sınırlıdır                |
| Küçük nesneleri bile ayırt edebilme yeteneği  | Çoğu zaman diğer sensörler ve kameralarla birlikte kullanılmalıdır |

**Tablo2.** SRR Radarların Avantaj ve Dezavantajları

| Parameter            | Unit  | Far scan | Near scan |
|----------------------|-------|----------|-----------|
| Range                | [M]   | 100      | 12.6      |
| Resolution           | [M]   | 0.63     | 0.20      |
| Accuracy             | [M]   | 0.13     | ≈ 0.05    |
| Speed range          | [Kph] | ±300     | ±300      |
| Speed resolution     | [Kph] | 0.34     | 1.18      |
| Speed accuracy       | [Kph] | 0.07     | ≈ 0.24    |
| Cycle time (typical) | [Ms]  | 50       | 50        |

**Tablo3.** SRR Radarların Özellikleri

### 2.2.3. Uzun Menzilli Radarlar

Uzun Menzilli Radarlar (Long Range Radar- LRR), araçların daha uzak mesafelerdeki nesneleri algılaması ve hareketli nesnelerin hızlarını ölçmesi için kullanılan radar türleridir. 30 metreden

başlayıp 250 metreye kadar geniş bir menzilde çalışabilen LRR'ler, yüksek hızlarda güvenli sürüş sağlamak için özellikle önemlidir.

Otomotiv sektöründe genellikle uyarlanabilir hız sabitleme (Adaptive Cruise Control- ACC), önden çarpışma uyarı sistemleri (FCW) ve otonom sürüş gibi uygulamalarda kullanılmaktadır. LRR'ler genellikle 77 GHz frekans bandında çalışır. Yüksek frekans, uzun mesafedeki nesneleri daha hassas algılama ve ayrıntılı bilgi sağlama imkânı sunar. Yüksek frekanslı bu dalgalar, daha kısa dalga boyuna sahip olduklarından, nesnelerin konum ve hız bilgilerini hassas bir şekilde iletebilir. LRR'ler, 250 metreye kadar algılama yapabilir ve bu nedenle uzun menzilde bulunan nesnelerin varlığını güvenilir şekilde belirleyebilir. LRR'ler, yağmur, kar, sis gibi olumsuz hava koşullarında ve gece sürüşlerinde etkili bir şekilde çalışır. Uzun menzilli radarlar, ışığa duyarlı olmadıkları için kamera sistemlerinin aksine görüş koşullarından etkilenmez. Bu özellik, olumsuz hava koşullarında bile güvenli sürüş sağlayarak LRR'leri öne çıkarır. Tablo4 ve Tablo5'te LRR ile ilgili detaylı bilgiler verilmiştir[13].

#### Uyarlanabilir Hız Sabitleme Sistemi (Adaptive Cruise Control- ACC)

- LRR'ler, öndeki aracı sürekli takip ederek belirli bir mesafeyi korur. Araç öndeki araç hızlandığında hızlanır, yavaşladığında yavaşlayarak güvenli bir takip mesafesi sağlar.
- Sistem, özellikle otoyol sürüşlerinde sürücüye konfor sağlar ve çarpışma riskini azaltır.

#### Önden Çarpışma Uyarı ve Önleyici Fren Sistemleri

- Uzun menzilli radarlar, aracın önünde bulunan nesneleri sürekli tarayarak önden çarpışma riski olduğunda sürücüyü uyarır.
- Bazı sistemlerde, LRR öndeki araca hızlı bir şekilde yaklaşıldığını algılayarsa, otomatik olarak fren sistemini devreye sokarak çarpışmayı önler veya çarpışma şiddetini azaltır.

#### Otonom Sürüş Sistemleri

- Otonom sürüş için, aracın çevresini eksiksiz bir şekilde algılaması gerekir. LRR'ler, uzun menzildeki nesneleri algılayarak otonom sürüş sistemine veri sağlar ve aracın hızını, frenlemesini ve yönlendirmesini belirler.
- Özellikle otoyolda yüksek hızda giderken önceden veri sağlayarak aracın güvenli bir hızla seyretmesini sağlar.

| Avantajlar                                 | Dezavantajlar                                                 |
|--------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|
| Uzak mesafedeki nesneleri algılayabilme    | Karmaşık çevrelerde yanılma payı olabilir                     |
| Hız ve mesafe ölçümünde yüksek doğruluk    | Diğer LRR'ler veya radar sistemleriyle parazit oluşabilir     |
| Olumsuz hava koşullarına duyarsız          | Kısa mesafedeki küçük nesnelerde algılama zorluğu yaşanabilir |
| Yüksek hızlarda güvenli sürüş sağlayabilme | Maliyetli olabilir                                            |
| Geniş görüş açısı ve nesne ayrımı          | Montaj için araç tasarımında özel alan gerektirebilir         |

**Tablo4.** LRR Radarların Avantaj ve Dezavantajları

| Parameter | Unit | Far scan | Near scan |
|-----------|------|----------|-----------|
|-----------|------|----------|-----------|

|                      |       |                                                |                                               |
|----------------------|-------|------------------------------------------------|-----------------------------------------------|
| Range                | [M]   | 0.2 ... 00 m @ 0°...±9° 0. ... 50 m @ v> 5km/h | 0.2 ... 70 m @ 0°...±45° 0.2 ... 20 m @ ± 60° |
| Resolution           | [M]   | 1,79 m                                         | 0.42 m                                        |
| Accuracy             | [M]   | ±0,40 m                                        | <±0,10 m                                      |
| Velocity             | [Kph] | -400...+ 00 km/h                               | -400...+ 00 km/h                              |
| Velocity resolution  | [Kph] | 0.37 km/h                                      | 0.43 km/h                                     |
| Velocity accuracy    | [Kph] | ±0,1 km/h                                      | ±0,1 km/h                                     |
| Cycle time (typical) | [Ms]  | 60ms                                           | 60ms                                          |

**Tablo5. LRR Radarların Özellikleri**

### 3. KAMERA ve RADARLARIN KARŞILAŞTIRMA ANALİZİ

Araçlarda kullanılan kamera ve radar sistemleri, çevresel bilgileri algılamak için farklı teknolojik yaklaşımlar sunar. Her iki sistem de sürüş güvenliği, otonom sürüş ve sürücü destek sistemlerinde kritik bir rol oynar. Ancak, kameralar ve radarlar çevresel veriyi algılama şekilleri, koşullara duyarlılıkları ve sağladıkları veri türü açısından birbirinden ayrılır.

| Özellik                    | Kamera Sistemleri                                                                                  | Radar Sistemleri                                                                               |
|----------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Algılama Yöntemi</b>    | Görsel veriler aracılığıyla nesnelerin optik olarak algılanması                                    | Radyo dalgaları gönderip geri dönme süresini ölçerek nesnelerin konum ve hız bilgisini algılar |
| <b>Sağladığı Veri Türü</b> | Renk, doku, şekil ve nesne sınıflandırma bilgisi                                                   | Mesafe, hız, konum ve hareket yönü bilgisi                                                     |
| <b>Çalışma Koşulları</b>   | Işığa bağımlıdır; düşük ışık, sis, yağmur ve kar gibi koşullarda performans düşebilir              | Işık ve hava koşullarından daha az etkilenir; gece, sis, kar ve yağmurda güvenilir çalışır     |
| <b>Hassasiyet</b>          | Görsel detay sağlama açısından yüksektir; nesnelerin renk, şekil, doku özelliklerini algılayabilir | Mesafe ve hız ölçümünde yüksek hassasiyet sağlar ancak görsel detay sunmaz                     |

| Özellik                      | Kamera Sistemleri                                                                                               | Radar Sistemleri                                                                                                      |
|------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Kullanım Alanları</b>     | Şerit takip, nesne tanıma, yaya algılama, trafik işareti tanıma, park yardımı                                   | Uyarlanabilir hız sabitleyici, çarpışma önleyici sistemler, kör nokta uyarısı, uzun menzilli engel algılama           |
| <b>Parazit ve Girişim</b>    | Görsel veri parazitine genelde duyarlıdır; ancak lensdeki lekeler veya parlama algılamayı etkileyebilir         | Diğer radar sinyallerinden ve elektromanyetik parazitlerden etkilenebilir; özellikle yoğun radar kullanılan alanlarda |
| <b>Nesne Tanıma Yeteneği</b> | Renk, doku ve şekil özellikleri sayesinde yayaları, araçları, bisikletleri ve diğer nesneleri sınıflandırabilir | Nesneleri genel bir hacim ve hız üzerinden tanıır; nesnelerin türü hakkında bilgi vermez                              |

|                                          |                                                                                                     |                                                                                                          |
|------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Derinlik Algısı</b>                   | Stereo kameralar derinlik algısı sağlar; nesnelerin uzaklığını sınırlı hassasiyetle belirleyebilir  | Yüksek doğrulukla mesafe ölçümü; Doppler etkisiyle hız bilgisi ek olarak sağlanabilir                    |
| <b>Görüş Açısı</b>                       | Çoğunlukla geniş açılı, 120-180 dereceye kadar geniş açılı kameralar (örneğin, fisheye) kullanılır  | Kısa menzilli radarlar geniş açıyla çalışabilirken, uzun menzilli radarlar daha dar açıda çalışabilir    |
| <b>Görüş Koşullarına Duyarlılık</b>      | Kötü hava koşullarında (sis, yağmur, kar) performansı düşer; düşük ışıktaki algılama zayıf olabilir | Hava koşullarından bağımsız olarak çalışır, kötü hava ve düşük ışık koşullarında etkili                  |
| <b>Veri İşleme Gereksinimi</b>           | Görsel veriyi analiz etmek için daha fazla hesaplama gücü ve işlemci gerektirir                     | Radio dalgalarını basitçe analiz ettiğinden daha az işlemci gücüne ihtiyaç duyar                         |
| <b>Maliyet</b>                           | Genellikle daha düşük maliyetlidir, özellikle tek lensli kameralar                                  | Özellikle uzun menzilli radarlar daha maliyetlidir                                                       |
| <b>Kötü Hava Koşullarında Performans</b> | Sis, kar ve yağmurda performans düşebilir; optik temizliğe duyarlıdır                               | Sis, kar ve yağmurdan etkilenmez, kararlı performans sağlar                                              |
| <b>Nesne Takibi</b>                      | Görsel nesne takibi, özellikle belirgin şekil ve renkli nesnelerde başarılıdır                      | Nesne takibini mesafe ve hız üzerinden yapar, hareketli nesnelerin hızını hassas ölçer                   |
| <b>Entegrasyon Kolaylığı</b>             | Çoğu kamera sistemi, araç içinde kolayca monte edilebilir ve yazılım ile entegre edilebilir         | Radarların monte edilmesi aracın aerodinamik yapısını bozabilir, özel yerlere kurulum yapılması gerekir  |
| <b>Tepki Süresi</b>                      | Görsel işlem süresi gerektirir, radar sistemlerine göre daha yavaş tepki verebilir                  | Radio dalgası sinyalini anlık ölçümleyerek hızlı tepki verir, çarpışma önleyici sistemlerde avantajlıdır |
| <b>Sistem Güvenilirliği</b>              | Kamera sensörleri genelde daha kırılgan ve lensin temizliğine bağlı                                 | Radarlar daha dayanıklıdır; lens kirliliği gibi sorunlara duyarlıdır                                     |
| <b>En İdeal Kullanım Yeri</b>            | Şerit takip, trafik işareti tanıma, nesne sınıflandırma gibi görsel analiz gerektiren durumlarda    | Mesafe, hız ve hareket yönü algılaması gereken çarpışma önleme, hız sabitleyici, kör nokta algılamada    |

**Tablo6.** Kamera ve Radarların Karşılaştırılması

#### 4. SONUÇLAR VE DEĞERLENDİRME

Gelişmiş Sürücü Destek Sistemleri (ADAS) bağlamında **fisheye kamera** ve **radar sensör sistemlerinin** özellikleri, performansları ve uygulama alanları kapsamlı bir şekilde incelenmiştir. Çalışma, radar ve kamera teknolojilerinin birbirini nasıl tamamladığını ve ADAS sistemlerinin güvenilirliğine olan katkısını açıkça göstermektedir.

Radarlar, düşük ışık, sis, yağmur ve kar gibi olumsuz hava koşullarında yüksek performans sergilemektedir. Radarlar, hareketli nesnelerin hızını ve mesafesini hassas bir şekilde ölçebilir. Bu özellik, özellikle çarpışma önleme sistemlerinde (FCW), uyarlanabilir hız sabitleyici (ACC) ve kör nokta algılama sistemlerinde (BSIS) büyük önem taşır. Radarlar, anlık ölçüm ve düşük işlemci gereksinimi ile çarpışma önleme sistemlerinde kritik bir avantaj sunmaktadır.

Fisheye kameralar geniş görüş açısı (180-360 derece) sağlayarak çevresel farkındalık yaratmada güçlüdür. Fisheye kameralar ise yüksek çözünürlükleriyle detaylı görsel analizler yapabilir de kötü hava koşullarında ve düşük ışık seviyelerinde performans düşüşü yaşamaktadır. Kameralar, görsel veri işleme sürecinden dolayı radar kadar hızlı değildir, ancak nesne tanıma ve sınıflandırma yetenekleriyle tamamlayıcı bir rol üstlenir.

Fisheye kameralar genellikle daha uygun maliyetli bir çözüm sunarken, radarlar özellikle uzun menzilli uygulamalar da daha yüksek maliyetlidir. Her iki teknoloji de farklı sistemlerde (örneğin, radarlar çarpışma önleme, kameralar şerit takip) etkin bir şekilde kullanılmaktadır. Her iki sistemin birlikte kullanılması da büyük avantajlar sağlamaktadır. Örneğin, ileri acil frenleme sistemlerinde (AEB), radar ve kameraların birlikte kullanılması hem doğru algılama hem de hızlı tepki sağlar.

Genel olarak radar ve fisheye kamera teknolojileri, ADAS sistemlerinde birbirini tamamlayıcı özellikler sunmaktadır. **Radarlar**, güvenlik odaklı uygulamalarda ve zorlu hava koşullarında öne çıkarken, **fisheye kameralar** çevresel farkındalık ve görsel analiz gerektiren görevlerde tercih edilmektedir. Her iki teknolojinin kombinasyonu, ADAS sistemlerinin başarısını artırarak, otonom sürüş teknolojilerinin daha güvenilir ve verimli bir şekilde gelişmesini sağlamaktadır. Genel olarak ADAS teknolojilerinin gelecekteki önemine dikkat çekilmiştir. Bu bağlamda, radar ve kameraların güçlü ve zayıf yönleri net bir şekilde analiz edilmiştir.

#### KAYNAKÇA

- [1] Zolock, J., Senatore, C., Yee, R., Larson, R., & Curry, B. (2016). The Use of Stationary Object Radar Sensor Data from Advanced Driver Assistance Systems (ADAS) in Accident Reconstruction. SAE Technical Papers. <https://doi.org/10.4271/2016-01-1465>
- [2] World Health Organization. (2015). Global status report on road safety. WHO. Geneva, Switzerland.[Online].Available:[http://www.who.int/violence\\_injury\\_prevention/road\\_safety\\_status/2015/en/](http://www.who.int/violence_injury_prevention/road_safety_status/2015/en/)
- [3] Association for Safe International Road Travel. (2018). Annual global road crash statistics. ASIRT. Potomac, Maryland. [Online]. Available: <http://asirt.org/initiatives/in-forming-road-users/road-safety-facts/roadcrash-statistics>
- [4] Bassim J., Anwaar A., Ammar A. (2019). Advanced Driver Assistance System (ADAS): A Review of Systems and Technologies International Journal of Advanced Research in Computer Engineering & Technology (IJARCET) Volume 8, Issue 6, June 2019, ISSN: 2278 – 1323
- [5] Rashed, H., Mohamed, E., Sistu, G., Kumar, V. R., Eising, C., El-Sallab, A., & Yogamani, S. (2020). FisheyeYOLO: Object Detection on Fisheye Cameras for Autonomous Driving. Nips 2020, NeurIPS.



[6] Brookhuis, K. A., de Waard, D., & Janssen, W. H. (2001). Behavioural impacts of Advanced Driver Assistance Systems-an overview. In Human Factors Soesterberg The Netherlands EJTIR (Vol. 1, Issue 3).

[7] Celal Bayar, M., Hasan, Ü., Turgutlu, F., Fakültesi, T., Ve İmalat, M., & Bölümü, M. (2017). TAM OTONOM ARAÇLAR İLE NASIL BİR SÜRÜCÜSÜZ YAŞAM? Recep Onur UZUN.

[8] Yetim, S. (n.d.). Sürücüsüz Ar aklar ve Getirdiği / Getireceği Hukuki Sorunlar\*.

[9] Mühendisliği, M., Dalı, A., & Programı, M. M. (n.d.). İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ↔ LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ YÜKSEK LİSANS TEZİ MAYIS 2022 İLERİ SÜRÜCÜ DESTEK SİSTEMLERİ İÇİN BİR FONKSİYONEL GÜVENLİK UYGULAMASI Ebru ÇAĞLAYAN.

[10] Kumar, V. R., Eising, C., Witt, C., & Yogamani, S. K. (2023). Surround-View Fisheye Camera Perception for Automated Driving: Overview, Survey & Challenges. IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems, 24(4), 3638–3659. <https://doi.org/10.1109/TITS.2023.3235057>

[11] Mobileye® FishEye-Technical Installation Guide Mobileye® Fisheye Technical Installation Guide\_v0.5 Models: Mobileye Fisheye 4G Mobileye Fisheye 3G Mobileye Fisheye SA. (2024). [www.mobileye.com](http://www.mobileye.com)[www.mobileye.com](http://www.mobileye.com)

[12] HW Technical Customer Information HW Technical Customer Information Side Looking Radar SLR25. (2023).

[13] Klein, M., Klemens, P., Wessely, B., Mlynarski, A., Ruprecht, G., Straubinger, C., Kolontári, T. E. A., Landstorfer, H., Wenner, M., Zinner, P., Kurucsó, B., & Garcia, P. (2020). HW Technical Customer Information.

#### İNTERNET KAYNAKLARI

<https://www.ulasim-as.com/> (E.T. 15.11.2024)

<https://truck.knorr-bremse.com/> (E.T. 14.11.2024)

<https://tr.wikipedia.org/> (E.T. 14.11.2024)

<https://data.tuik.gov.tr/> (E.T. 13.11.2024)



## DİJİTALLEŞEN DÜNYADA BLOK ZİNCİR VE YAPAY ZEKÂ ÇÖZÜMLERİ

**Ramazan Süslü**

Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Yapay Zeka ve Robotik Anabilim Dalı  
ramazansuslu72@gmail.com - 0009-0005-5590-2487

**Dr. Öğr. Üyesi Faruk AYATA**

Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Başkale Meslek Yüksek Okulu, Bilgisayar Teknolojileri  
Bölümü, farukayata@yyu.edu.tr- 0000-0003-2403-3192

### Özet

Blok zincir teknolojisi, 2008 yılında Bitcoin ile tanıtılmış, merkeziyetsiz, şeffaf ve güvenilir veri kaydı sunarak finans, sağlık, kamu yönetimi gibi birçok alanda devrim yaratmıştır. Verilerin dağıtık şekilde depolanmasını sağlayan bu teknoloji, değiştirilemez yapısıyla veri güvenliğini artırmakta ve maliyetleri düşürmektedir. Akıllı sözleşmeler, işlemleri otomatikleştirerek süreç verimliliğini artırırken, yapay zekâ ile entegrasyonu büyük bir sinerji oluşturmaktadır. Yapay zekâ, blok zincir ile birleştirildiğinde, karmaşık veri analizleri, anomali tespiti ve denetim süreçlerinde etkili çözümler sunmaktadır. Blok zincir, akıllı sözleşmeler ve yapay zekâ uygulamaları, siber güvenlikten finansal denetime kadar çeşitli alanlarda yenilikçi çözümler sağlamaktadır. Yapay zekâ destekli blok zincir uygulamaları hem veri şeffaflığı hem de süreç güvenilirliği açısından avantajlar sunarak, özellikle dijitalleşen dünyada karşılaşılan güvenlik açıklarına etkin çözümler üretmektedir. Bu iki teknoloji, birlikte kullanıldığında, veri gizliliği, süreç otomasyonu ve şeffaflık konularında devrim niteliğinde katkılar sağlayarak geleceğin dijital ekosistemlerini şekillendirme potansiyeline sahiptir. Bu çalışmada, blok zincir teknolojisinin temel prensipleri, yapısı ve uygulama alanları ile yapay zekâ ile entegrasyonunun sunduğu avantajlar detaylı bir şekilde incelenmiş ve bu teknolojilerin veri güvenliği, süreç şeffaflığı ve otomasyon alanlarındaki katkıları değerlendirilmiştir.

**Anahtar kelimeler:** Yapay zekâ, Blok zincir, Akıllı sözleşmeler

## BLOCKCHAIN AND ARTIFICIAL INTELLIGENCE SOLUTIONS IN THE DIGITALIZING WORLD

### Abstract

The advent of blockchain technology, which was first introduced with Bitcoin in 2008, has had a profound impact on numerous sectors, including finance, healthcare, and public administration. The decentralised, transparent, and reliable data recording capabilities afforded by this technology have been instrumental in driving innovation and transformation across these fields. The distributed storage capabilities of this technology enhance data security and reduce costs due to its unchangeable structure. The integration of smart contracts with artificial

intelligence has the potential to enhance process efficiency through the automation of transactions. The combination of blockchain and artificial intelligence provides effective solutions to complex data analysis, anomaly detection, and auditing processes. The combination of blockchain, smart contracts and artificial intelligence applications provides innovative solutions in a number of areas, including cybersecurity and financial auditing. The integration of artificial intelligence with blockchain technology offers significant advantages in terms of data transparency and process reliability, while effectively addressing security vulnerabilities that are particularly prevalent in the digital age. The combined use of these two technologies has the potential to shape the digital ecosystems of the future, offering revolutionary contributions in data privacy, process automation, and transparency. This study examines the basic principles, structure, and application areas of blockchain technology, as well as the advantages offered by its integration with artificial intelligence. It also evaluates the contributions of these technologies in the fields of data security, process transparency, and automation.

**Keywords:** Artificial intelligence, Blockchain, Smart contracts

## 1. GİRİŞ

Son yıllarda teknolojide yaşanan gelişmeler, dijital dönüşüm süreçlerini hızlandırmış ve birçok sektörde köklü değişikliklere neden olmuştur. Bu dönüşümün öncüsü olan blok zincir teknolojisi, 2008 yılında Bitcoin ile birlikte ortaya çıkmış ve ilk olarak finans sektöründe yenilikçi bir çözüm olarak kendini göstermiştir. Merkeziyetsizlik, değişmezlik, şeffaflık ve güvenlik gibi temel özellikleri sayesinde blok zincir, sadece finans alanında değil, sağlık, kamu yönetimi, tedarik zinciri ve siber güvenlik gibi birçok sektörde devrim yaratacak bir potansiyele sahiptir.

Blok zincir, dağıtık bir defter teknolojisi olarak, verilerin güvenilir bir şekilde kaydedilmesini, depolanmasını ve doğrulanmasını sağlar. Merkezi otoriteye olan ihtiyacı ortadan kaldıran bu sistem, kullanıcılar arasında güvenin tesis edilmesini sağlayarak, özellikle veri güvenliğinin ve şeffaflığın kritik olduğu süreçlerde tercih edilmektedir. Akıllı sözleşmeler ve diğer yenilikçi özellikleri sayesinde, operasyonel verimliliği artırmanın yanı sıra, maliyetleri düşürme ve süreçlerin hızını artırma imkânı sunar.

Bununla birlikte, blok zincir teknolojisinin potansiyeli yalnızca veri saklama ve güvenlik ile sınırlı değildir. Yapay zekâ ile entegrasyonu, hem otomasyon süreçlerinde hem de veri analitiği ve denetim mekanizmalarında yeni fırsatlar sunmaktadır. Yapay zekânın karmaşık veri yapılarını analiz edebilme ve anormallikleri hızlı bir şekilde tespit edebilme yeteneği, blok zincir teknolojisiyle birleştiğinde güçlü bir sinerji oluşturur. Bu iki teknolojinin birleşimi, dijital çağın ihtiyaçlarına uygun yenilikçi çözümler üretme potansiyeline sahiptir. İlgili literatür tarandığında bu alanda yapılan bazı çalışmalar aşağıda verilmektedir.

Karaarslan ve Akbaş (2017) çalışmalarında, blok zinciri tabanlı siber güvenlik sistemlerinin nasıl çalıştığını ve sağladığı güvenlik hizmetlerini incelemektedir. Çalışma, Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi ve İzmir Kâtip Çelebi Üniversitesi'nden araştırmacılar tarafından gerçekleştirilmiştir. Araştırma, blok zinciri sisteminin veri bütünlüğü, kullanılabilirlik,

mahremiyet ve hata toleransı gibi güvenlik hizmetlerini sağladığını ortaya koymaktadır. Ayrıca, nesnelerin interneti (IoT), akıllı şehirler ve kişisel verilerin korunması gibi konularda blok zinciri yapısının kullanımını ele almaktadır. Çalışma, blok zinciri uygulamalarındaki temel sorunları ve bu sorunlara yönelik olası çözümleri tartışmakta ve ağ güvenliğinde bu tür çözümlerin kullanımına dair öneriler sunmaktadır. Sonuç olarak, blok zinciri tabanlı sistemlerin siber güvenlik alanında yeni çözüm önerileri sunduğu ve bu sistemlerin ele geçirilmesinin diğer çözümlere göre daha zor olduğu vurgulanmaktadır (Karaarslan ve Akbaş, 2017).

Can ve Akman (2023), yerel yönetimlerde blok zinciri uygulamalarının potansiyelini incelemekte ve bu teknolojinin kamu hizmeti sunumundaki faydalarını vurgulamaktadır. Çalışmalarında, dijital çağda bilgi ve iletişim teknolojileri alanındaki gelişmelerin yerel yönetimlerde blok zinciri teknolojisinin entegrasyonunu nasıl etkilediğini ele almaktadır. Araştırma, blok zinciri altyapısı ile geliştirilen oylama sistemleri, akıllı sözleşmeler ve dijital kimlik yönetimi gibi uygulamaların önemini ortaya koymaktadır. Bu bağlamda, çalışmalar, yerel yönetimlerin şeffaflık, etkinlik ve güvenilirlik ilkelerini destekleyerek hizmet sunumunu iyileştirmeyi amaçladığını göstermektedir. Araştırma, 2023 yılında Türkiye'deki yerel yönetimlerin blok zinciri uygulamalarını incelemek üzere gerçekleştirilmiştir. Literatür taraması ve mevcut uygulamaların analizi yoluyla elde edilen bulgular, blok zinciri teknolojisinin yerel yönetimlerdeki uygulamalarının siber güvenlik ve yapay zekâ ile entegrasyonu açısından büyük bir potansiyele sahip olduğunu ortaya koymaktadır (Yağmur Can ve Elvettin Akman, 2023).

Demirdöğmez (2022) çalışmasında, dijitalleşmenin hayatımızdaki köklü değişikliklerini ve bu değişikliklerin temelinde yatan teknolojileri incelemektedir. 2009'dan itibaren hayatımıza giren blok zinciri teknolojisinin, finans, sağlık, tedarik zinciri ve yönetim gibi birçok alanda köklü değişim potansiyeline sahip olduğunu vurgulamaktadır. Blok zinciri, merkezi otoriteye ihtiyaç duymadan güvenli ve şeffaf bir veri paylaşım sistemi sunarak kullanıcıların verilerine kolay erişim sağlamaktadır. Ayrıca, yapay zekâ ile birleştğinde daha etkili ve güvenli sistemler oluşturma potansiyeline sahip olduğunu ifade etmektedir. Bu bağlamda, çalışmada blok zinciri teknolojisinin ve yapay zekânın entegrasyonunun veri güvenliğini artırarak birçok sektörde devrim niteliğinde değişiklikler yapma potansiyelini değerlendirmektedir. Araştırma bulguları, yapay zekâ ve blok zincirinin birleşiminin veri güvenliğini artırma ve şeffaflık sağlama konusundaki etkilerini ortaya koymaktadır (Demirdöğmez, 2022).

Kıyak ve ark. (2019), blok zinciri teknolojisi ve akıllı sözleşmelerin sağlık alanındaki potansiyel uygulamalarını incelemektedir. Gazi Üniversitesi Tıp Fakültesi'nde gerçekleştirilen bu derleme çalışmasında, özellikle hasta verilerinin güvenliği ve gizliliği konusunda blok zinciri teknolojisinin sunduğu fırsatlar değerlendirilmektedir. Araştırmacılar, üç farklı uygulama örneği üzerinden (Nebula Genomics'in genom verilerinin güvenliği, Medicalchain/Medibloc'un hasta kayıtlarının merkezi olmayan sistemde saklanması ve Skychain'in yapay zekâ destekli tanı sistemleri) blok zinciri teknolojisinin sağlık alanındaki potansiyelini ortaya koymaktadır. Çalışmanın temel amacı, Türkçe literatürde blok zinciri teknolojisinin sağlık alanındaki uygulamalarına ilişkin kaynak eksikliğini gidermek olarak belirtilmektedir. Literatür taraması ve örnek olay incelemesi yöntemiyle gerçekleştirilen araştırma sonucunda, blok zinciri

teknolojisinin siber güvenlik açısından önemli avantajlar sunduğu, ancak %51 atağı tehdidi, ölçekleme sorunu ve yüksek enerji tüketimi gibi sınırlılıklarının da bulunduğu ortaya koyulmaktadır (Kıyak ve ark., 2019).

Yavuz (2020) çalışmasında, 21. yüzyılda bilgi ve iletişim teknolojilerindeki önemli gelişmelerin ekonomik faaliyetleri nasıl dönüştürdüğünü incelemektedir. Çalışma, dijital dönüşüm sürecinde blok zinciri teknolojisinin rolünü ve uygulama alanlarını ele almaktadır. Çalışmada, internetin günlük yaşamda yaygınlaşmasıyla birlikte bankacılık ve alışveriş gibi birçok ekonomik faaliyetin çevrimiçi hale geldiğini, ancak bu durumun siber güvenlik açıkları ve veri hırsızlığı gibi sorunları da beraberinde getirdiğini vurgulamaktadır. Blok zinciri teknolojisinin bu güvenlik açıklarına karşı koruma sağladığını ve şifrelenmiş verilerin yönetimini mümkün kıldığını ifade etmektedir. Çalışma, blok zinciri tabanlı ekosistemlerin oluşturulması için kamu ve özel sektör destekli platformların mevcut çalışmalarını da incelemektedir. Sonuç olarak, blok zinciri teknolojisinin günümüz ekonomilerinde karşılaşılan sorunlara çözüm sunma potansiyeli üzerinde durmaktadır (Yavuz, 2020).

Bu çalışmada, blok zincir teknolojisinin temel prensipleri, çalışma yapısı ve uygulama alanlarının yanı sıra yapay zekâ ile olan entegrasyonunun sunduğu avantajlar ele alınacaktır. Ayrıca, bu teknolojilerin veri güvenliği, şeffaflık ve süreç otomasyonu gibi kritik alanlardaki katkıları incelenerek, gelecekteki potansiyel kullanım alanlarına yönelik bir perspektif sunulacaktır.

## 2. BLOK ZİNCİR TEKNOLOJİSİNİN TEMELLERİ

Blok zinciri 2008 yılında ortaya atılmış, 2009 yılında ise Bitcoin sanal para birimi ile birlikte tanınmaya başlamaktadır. Bu teknoloji dağıtılmış bir kayıt defteri olarak tanımlanmaktadır. Daha kapsamlı bir ifadeyle Blok zinciri, dağıtık, paylaşılan, şifrelenmiş, geri dönüşü olmayan ve bozulmayan bir bilgi deposu olmaktadır (Kakavand ve ark., 2019).

Blok zinciri, ağ yardımı ile sistemi kullanan kullanıcılar arasındaki işlemlerin tümünü doğrularak saklayan bir sistemdir. Bu yüzden bütünlüğüne güvenilir bloklar ve bu blokları oluşturan sorgulanabilir işlemlerden oluşan bir veritabanı olarak tanımlanmaktadır. Blok zinciri sisteminde işlemler bloklar halinde tutulmaktadır ve bu bloklar birbirine bağlanarak zincir oluşturulmaktadır. Belli kurallar çerçevesinde oluşturulan bloklar sisteme yazılmaktadır. Daha sonra blok tüm dağıtık kayıt defterlerine yayılmakta ve eklenmektedir. Yeni blok oluşturmada bir önceki bloğa ait özet alınır ve ikinci blok üretilerek zincire ekleme yapılmaktadır. Bu yapı tüm blokları birbirine bağlayan ve bir önceki bloğun özeti ile beraber olacak biçimde devam eden bir yapı ile sürdürülmektedir. Bir işlem gerçekleştiğinde mevcut ağ üzerinden yayınlanır ve şifreleme algoritmaları ile bu işlem doğrulanarak blok oluşturulmaktadır. Sisteme dahil olan her düğüm, sistemdeki herhangi iki kişi tarafından yapılan bu işlemi onaylayarak kaydını tutmaktadır. Bu sayede blok doğrulanmaktadır, sonrasında bu bilgi asla değiştirilemez veya silinemez. Her blok birbirine zincirlenerek eklenmeye devam eder. Böylece başka biri onları hiçbir zaman değiştirememektedir (Ünal ve Uluyol, 2020).

Blok zinciri sistemi temel bazı kriterlere sahip olup bu standartlar üzerine kurulmaktadır. Bu özellikler aşağıda kısaca açıklanmaktadır (Liao, 2017).

- *Dağıtık*: Blok zincirinin en temel özelliği verilerin tek bir yerde tutulmaması, dağıtılabılır şekilde kaydedilmesi, depolanması ve güncellenmesidir (Ünal ve Uluyol, 2020).
- *Şeffaf*: Blok zinciri sistemi ile verilerin kaydı her düğüme şeffaf olup veriler geriye dönük olarak doğrulanabilir. Bu nedenle blok zinciri güvenilir kabul edilmektedir (Ünal ve Uluyol, 2020).
- *Bağımsız*: Mutabakat yapısı sayesinde blok zincir sistemindeki her düğüm verileri güvenli bir şekilde aktarabilir, merkezi bir sisteme ihtiyaç duyulmamaktadır (Ünal ve Uluyol, 2020).
- *Değiştirilemez*: Blok zincirine eklenen kayıt hiçbir şekilde güncellenemez, silinemez ve kayıt kalıcı olarak saklanmaktadır. Kaydın değiştirilebilmesi çeşitli saldırı tipleri dışında mümkün olmamaktadır (Liao, 2017).
- *Kimlik gizliliği*: Blok zinciri sisteminde düğümler kimlik belirtmeden veri aktarımı gerçekleştirebilmektedir. Bu işlem için kişinin blok zinciri adresinin bilinmesi yeterli olmaktadır (Ünal ve Uluyol, 2020).

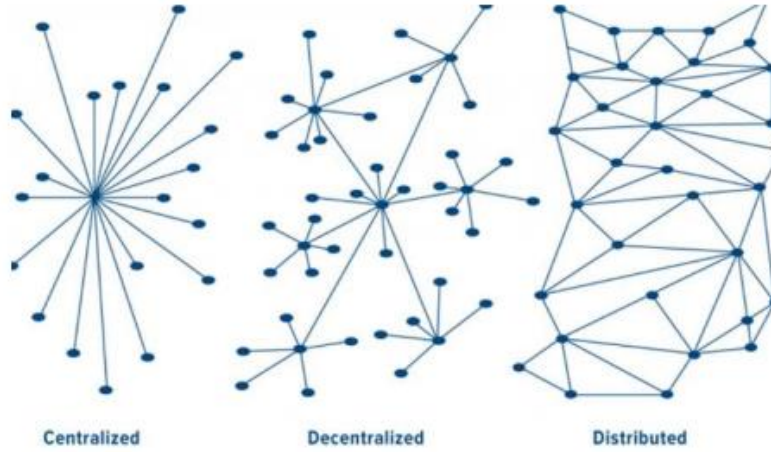
## 2.1 Blok Zincir Yapısı ve Çalışma Prensipleri

Blok zinciri (Blok zincir) kelimesinden, Satoshi Nakamoto'nun 2008 yılında yayınlanan orijinal Bitcoin başlıklı makalesinde bahsedilmektedir. Blok zincir, kripto paranın altında yatan teknoloji bileşenini, birbirine zincirlenmiş halde kriptografik olarak duran bir dizi veri bloğu olarak tanımlanmaktadır (Satoshi, 2008). Blok zincir teknolojisinin yapılan ilk uygulaması Bitcoin'dir (Lansiti ve Lakhani, 2008). Bitcoin, bu durumun yanında hukuksal çerçevelerin dışında işlev gören yeni marketler ve finansal araçları ortaya çıkarmıştır. Bu, herhangi bir merkezi düzenleyiciden bağımsız olarak para birimi oluşturulmasını sağlayan blok zincir teknolojisinin merkezi olmayan biçimi sayesinde mümkün olmuştur (Vardi, 2016). Blok zincir teknolojisini önemli kılan en büyük özelliği herhangi bir merkezi olmaksızın kullanıcılar vasıtasıyla bir doğrulama sistemine sahip olmasıdır. Bu yüzden dijital dönüşümün gerçekleştiği en büyük alanlardan biri olarak gösterilmektedir (Şerif, 2018).

Blok zincir teknolojisi bir ağ yapısındadır. Bu ağ yapısı internet üzerinde dağıtık bir yapıda bulunan çok hızlı çalışan güvenilir ve rahat işleyişi olan esnek bir teknolojiye sahip olmaktadır. Dağıtılmış bir defter olarak nitelenen bu teknoloji ağdaki her katılımcı (düğüm) tarafından bağımsız olarak güncel bir şekilde tutulan veri tabanıdır. Dağıtım şekli benzersiz bir yapıdadır. Kayıtlar merkezi olmayan bir şekilde olduğu için bağımsız olarak her düğüm tarafından oluşturularak tutulmaktadır. Görsel 1'de gösterilen (A) Tek merkezli ağları, (B) Çok merkezli ağları, (C) ise dağıtık ağ yapısını göstermektedir. Büyük noktalarla gösterilen yerler düğüm, düğümlerin birbirine olan bağlantılarını ise çizgiler temsil etmektedir. Dağıtık ağlar hem tek merkezi hem de çok merkezli ağları kapsamaktadır. Alıcıların tek bir sunucuya bağlanarak veri aldığı tüm uygulamalar merkezi ağ yapısına örnek olarak gösterilebilmektedir. Kamu ya da finans verilerinin saklandığı pek çok banka ya da devlet kurumu bir ya da birkaç merkezli ağ yapılarını kullanmaktadır. Ancak sunucu sayısının yetersiz olması ile bilgi güvenliği tam sağlanamamaktadır. Merkezi sunucu kötü niyetli insanların eline geçerse tüm alıcı verilerine erişilebilir. Bu yüzden en güvenli ağ yapısı blok zincir sahip olduğu dağıtık ağ yapısıdır.



Verileri ele geçirmek isteyen kişi ya da kişilerin dünyanın her yerine dağıtılmış halde saklanan tüm verilere ulaşması imkânsıza yakındır (Göktaş,2021).



**Görsel 1. Ağ Tipleri (Frank Holmes, 2018)**

Blok zincir ağı şeffaftır; zincirdeki her blok bir öncekine referanstır. Blok üzerinde saklanacak veriler, eklenecek zincir bloğun link bilgisi ile kriptografik şifreleme ile paketlenmektedir. Bloktaki veri veya önceki blok bağlantısının adresi değiştirilirse, bu şifreleme kodu yani karma kodu tamamen değiştirilmektedir ve bu da sistemde tanınmayan bir bloğa neden olmaktadır. Böylelikle, verideki manipülasyon kolaylıkla tespit edilebilir. Bu mekanizma sayesinde sistemin güvenliği ve veri bütünlüğü sağlanmaktadır (Mendi 2021).

Blok zincir, tüm işlemleri içeren ve ağ üzerinde uçtan uca tutulan birleştirilip katılımcılar arasında kopyalanan bir defterdir. Bu işlemler parasal işlemlerden mülk transferine kadar her şey olabilmektedir. Ağdaki üyeler, düğüm adı verilen anonim kişilerdir. Ağda kurulan tüm iletişimlerde, gönderen ve alıcıyı güvenli bir şekilde tanımlamak için kriptografi kullanılmaktadır. Bir düğüm deftere bir kayıt eklemek istediğinde, bu kaydın nerede olması gerektiğine fikir birliği karar verir. Fikir birliğine blok da denir. Fikir birliği, yönetim organı ve karar alıcıdır. Yeni bir bloğun meşru olup olmadığını ve zincire eklenmesi gerekip gerekmediğini onaylamak için dağıtılmış fikir birliği yöntemi uygulanmaktadır (Charleer ve ark., 2016).

## **2.2 Dağıtık Defter Teknolojisi (DLT)**

Blok zinciri verilerin bloklar içerisinde tutulduğu ve her bir bloğun kendinden önceki bloğun hash bilgisini tuttuğu dağıtık defter teknolojisidir. Her bir blok başlık ve veri olmak üzere iki temel kısımdan oluşmaktadır. Başlık kısmında blok zincirinin içerisindeki verilerin kriptografik hash bilgisi ve kendinden önceki bloğun hash bilgisini tutulmaktadır. Bu sayede zincir şeklinde bir veri yapısı oluşmaktadır (Cagigas ve ark., 2021).

Bloktaki verilerin hash bilgisinin hesaplanabilmesi için Merkle Ağacı yöntemi kullanılmaktadır. Merkle Ağacı yöntemi ile ilk olarak bloklarda yer alan işlemlerin hash

bilgileri alınır. Ardından işlemlerin hash verilerine hash işlemi tekrar uygulanarak ara hash verileri elde edilir. Son katmanda ara düğümlerin hash bilgileri alınarak kök hash verisi elde edilmektedir. Blok zinciri teknolojisinden hash işlemi için SHA 256 algoritması kullanılmaktadır (Chen ve ark., 2019).

Katılımcılar blok zinciri ağına mesaj gönderirken asimetrik şifreleme ve dijital imza teknolojisini kullanılabilmektedir. Asimetrik şifrelemede şifreleyen ve çözen anahtar bilgileri farklıdır. Bir anahtar herkese açık diğeri sadece kullanıcıda bulunan anahtar çiftidir. Açık anahtar ile şifrelenmiş bir veri ancak ilgili özel anahtar ile çözümlenebilmektedir. Açık anahtardan özel anahtara ulaşmak çok yüksek hesaplama gücü gerektiğinden neredeyse imkansızdır (Qadir ve Varol, 2019). Dijital imza teknolojisi ile verinin bütünlüğünün bozulmadığının kontrolü yapılmaktadır. Gönderici mesajın hash bilgisini kendi özel anahtarı ile şifrelemektedir ve alıcı göndericinin açık anahtarı ile şifreyi açarak verinin bütünlüğünü kontrol etmektedir (Singh ve ark., 2015).

Sonuç Olarak Dağıtık defter kurulmuş ve dağıtılmış bir bilgisayar ağına katılan tüm taraflarca paylaşılır. Ağda gerçekleşen her işlemi, katılan her bilgisayarda kaydeder ve depolar. Özellikle, ödeme işlemlerindeki gibi güvenilir üçüncü taraflara(banka) olan ihtiyacı ortadan kaldırmaktadır. Sisteme dâhil olan tüm düğümlerin bu dağıtık deftere erişimi vardır. Sistemdeki tüm katılımcılara bunun birer kopyası sağlanmaktadır. Geleneksel yaklaşımla karşılaştırsak; veri tabanı (merkezi olan) geleneksel yaklaşımda üçüncü bir taraf tarafından kontrol edilirken, blokzincir yaklaşımında veri tabanının kopyası tüm katılımcılara açıktır. Böylelikle, verilerin bozulması ve yok edilmesi önlenmektedir (Mendi, 2021).

### 2.3 Akıllı Sözleşmeler ve Kullanım Alanları

Akıllı Sözleşme kavramı taraflar arasında “Self-Executing” yani “Kendi Kendini İfa Etme” özelliğine sahip, bir tarafın sözleşme konusu hakkını elde etmesi için diğer tarafın ona bu hakkı sunmasına muhtaç veya diğerine güvenmek zorunda olmadığı sözleşmeler ifade edilmektedir. Bu kavram Ethereum ile bugünkü modern formuna kavuşmuşsa da ilk defa Ethereum ile ortaya çıkmış değildir (Tevetoglu, 2021).

Akıllı sözleşmeler, anlaşma şartlarının yerine getirildiği zaman kendiliğinden yürütülecek olan ve merkezi olmayan yapısından ötürü kendi kendini uygulayan, aracısız ve müdahaleye karşı korumalı olan blok zinciri uzlaşım mimarisine dayanan dijital programlar olarak tanımlanabilmektedir (Christidis ve Devetsikiotis, 2016).

Geleneksel sözleşme şartlarına ve koşullarına ek olarak akıllı sözleşmeler dış kaynaklardan veri toplanması ve sözleşmede belirtilen şartlara göre işlenmesi gibi işlemlerin yanı sıra bu prosedürün sonuçlarına dayalı somut çözümler benimseme becerisine de sahip olmaktadır. Ethereum'da bir akıllı sözleşmeyi yerleştirmek için sözleşmeyi blok zincire tanıtan özel bir yaratma transactionu çalıştırılmaktadır. Bu süreçte sözleşmeye 160-bitlik bir eşsiz adres atanmaktadır ve sözleşmenin kodu blok zincire yüklenmektedir. Başarılı bir şekilde oluşturulan akıllı sözleşme, sözleşme adresi, sözleşme bakiyesi, önceden tanımlanmış yürütülebilir kod ve



bir durumdan oluşmaktadır. Daha sonra farklı düğümler bilinen sözleşme adreslerine sözleşme çağırıcı işlemler göndererek belirli sözleşmelerle etkileşime girebilmektedir. Sözleşme çağırısı yapan işlem, yürütme ücretini (fee) içermektedir ve aynı zamanda, işlemi çağırandan sözleşmeye bir Ethereum transferi de içerebilmektedir. Ek olarak, bir fonksiyonun çağırılması için giriş verilerini de tanımlayabilmektedir. Bir işlem kabul edildikten sonra, tüm ağ katılımcıları yani düğümler blok zincirinin mevcut durumunu ve işlem verilerini girdi olarak dikkate alarak sözleşme kodunu yürütmektedir. Ağ, daha sonra uzlaşma protokolüne katılarak sözleşmenin bir sonraki durumunu ve sözleşme çıktısını kabul etmektedir. Böylece Ethereum, her işlemten sonra durumunun güncellendiği işlem tabanlı bir durum makinesi olarak görülebilmektedir (Buterin, 2014).

Genel anlamda blok zinciri teknolojisi ve akıllı sözleşmeler yapıları gereği aşağıdaki noktaların önemsendiği alanlarda fayda sağlanmaktadır (Yıldız, 2019).

- Merkezi bir kontrol mekanizmasının istenmediği durumlarda, verileri ekleme ve saklama görevini bütün ağ üyelerine yayarak demokratik ve hataya dayanıklı bir sistem sunmaktadır.
- Paydaşların ve aracılardan çok olduğu süreçlerde veri paylaşımını ve teyitleşme süreçlerini hızlandırmak ve şeffaflık sağlamaktadır.
- Kullanıcı ve işlem bilgilerini şifreleyerek veri kaynağının ve kendisinin değiştirilemediği güvenli bir sistem sunmaktadır.
- Süreç otomasyonu gerektiren yerlerde akıllı sözleşmeler yoluyla sonradan değiştirilemeyen işlem ve adımlar üzerine anlaşılmasını ve bunların otomatik olarak uygulanmasını sağlamaktadır.

### 3. YAPAY ZEKÂ VE BLOK ZİNCİRİN BİRLİKTE KULLANIMI

Dijitalleşme, hayatımızın her alanında köklü değişiklikler gerçekleştirirken internet, akıllı cep telefonları, gelişmiş bilgisayar, tablet, üç boyutlu yazıcılar vb. gibi teknolojik gelişmeler de yaşam kalitemizde devrim niteliğinde değişiklikler yapmışlardır. Son dönemde blok zincir ve yapay zekâ ile bu devrimsel değişiklikler devam etmektedir. Birbirlerini tanımayan pek çok insan iş birliği yapabilme beceri ve özelliğine sahip olmaktadır. Birlikte yapılan bu işlerin temelinde karşılıklı güven vardır. Bununla birlikte kullanılan ortak iletişim dili, inanç, sözleşme, para ve geçerli yasalar da mevcuttur. Aynı şekilde günümüzde tüm bu olgularla beraber matematiğin bilimselliğini kullanarak işlem yapabilen Blok zincir sistemi ortaya çıkarılmıştır (Demirdöğmez, 2022).

#### 3.1 Blok Zincir Destekli Yapay Zekâ Modelleri

Yapay zekâ, insan zekâsı gerektiren görsel algı, konuşma tanıma ve karar verme gibi görevleri bilgisayar sistemlerini kullanarak yerine getirmesine izin veren ve farklı teknolojileri içine alan genel bir terimdir (Struthers ve ark., 2020). Yapay zekânın alt kümeleri ile ilişkileri Görsel 2’de sunulmaktadır. Yapay zekâ, alt kümesi olarak kabul edilen teknolojileri içine almış durumdadır ve her bir alt teknoloji farklı uygulamaları kullanmak suretiyle insan gibi düşünme ve karar verme kabiliyetini zorlamaktadır.



**Görsel 2. Yapay Zekânın Alt Kümeleri ile İlişkisi (Struther ve ark., 2020)**

Ayrıca yapay zekâ tabanlı likidite tahminleri yapmak, dolandırıcılık tespit sistemlerini desteklemek, blok zinciri teknolojisine dayalı çevrimiçi açık artırmalarda tahvil ve tahvil emisyonlarını desteklemek, dava risklerini tahmin etmek, kasıtlı yanlış beyanları düzeltmek için yönetimin yeniden beyan açıklamalarını analiz etmek veya kasıtsız hataları tespit etmek ve düzeltmek gibi uygulamalar da yapay zekâ tabanlı süreçlerdir (Kommunuri, 2022). Günümüzde sayılan Yapay zekâ uygulamaları dışında da muhasebe süreçlerinde kullanılan temel bazı uygulamaların ve muhasebe işlemlerinin de olması muhtemeldir. Ayrıca bu uygulamalara ek olarak, hızlı teknolojik dönüşümle birlikte her geçen gün yeni uygulamalar da kullanılmaktadır (Apaydın ve ark., 2023).

### **3.2 Yapay Zekâ Tabanlı Blok Zincir Uygulamaları**

Yapay zekâ, insan zekâsının işlevlerini simüle ederek çeşitli görevleri yerine getirebilen, bilgisayar biliminin deneysel yönünü temel alan sistemler olarak tanımlanır. Bu sistemler, karmaşık görevleri insanlardan daha hızlı ve etkili bir şekilde yerine getirebilir (Dongre ve ark., 2020). Son yıllarda denetim çalışmalarında yapay zekâ kullanımı hızla artmış ve bu alandaki uygulamalar giderek yaygınlaşmıştır. Günümüzde büyük denetim şirketleri (EY, Deloitte, KPMG, PWC) başta olmak üzere birçok firma, yapay zekâ destekli araçlar kullanarak denetim süreçlerini daha kolay ve verimli hale getirmeyi hedeflemektedir. Örneğin, Deloitte'un Argus adlı yapay zekâ uygulaması, işletmelerin bankalarla düzenledikleri kredi sözleşmelerini, müşterilerle imzaladıkları satış anlaşmalarını ve tedarikçilerle yaptıkları alım sözleşmelerini analiz ederek denetçilere kapsamlı raporlar sunmaktadır (Deloitte, 2018).

Yapay zekâ ve blok zincir entegrasyonu, özellikle veri güvenliği ve şeffaflık açısından önemli avantajlar sunmaktadır. IBM tarafından yapılan bir çalışmaya göre, kararlar ve ilgili veri noktaları blok zinciri üzerinde saklandığında, sistemin şeffaf yapısı sayesinde bu kararların denetlenmesi ve doğrulanması oldukça kolaylaşmaktadır (Han ve ark., 2023). Blok zinciri, bir ağdaki işlemlere güven sağlayan temel bir teknolojidir. Yapay zekâ karar alma süreçlerine blok

zincir entegrasyonu, alınan kararların güvenilirliğini ve şeffaflığını artırarak kullanıcılar için gerekli güvenceyi sağlar (Cuomo, 2020).

Blok zincir, yapay zekâ ile birlikte otomasyon süreçlerinde de etkili çözümler sunmaktadır. ICAEW (2018), blok zincir ve makine öğrenimi gibi otomasyon trendlerinin muhasebe işlemlerinde giderek daha fazla kullanılarak, süreçlerin büyük ölçüde otomatik hale geleceğini ifade etmektedir. Bu bağlamda, makine öğrenimi, denetçilerin kalıpları tanımasına, bu kalıplara dayalı algoritmalar geliştirmesine ve geri bildirimler doğrultusunda bu algoritmaları iyileştirmesine olanak tanır. Ayrıca, yapay zekâ teknolojileri, anormallikleri tespit ederek ve riski daha iyi değerlendirerek denetçilerin belgeleri daha verimli bir şekilde incelemesine yardımcı olur (Shimamoto, 2018; Munoko ve ark., 2020).

Blok zincir, yapay zekâ tabanlı süreçlere güven sağlamak için kritik bir altyapı sunar. Bu teknoloji, verilere, modellere ve analitiklere olan güveni artırarak, denetim süreçlerini daha çevik ve hassas hale getirir. Özellikle ticari işlemlerde, blok zincir üzerinde kaydedilen muhasebe girişlerinin karşılaştırılması yoluyla, yapay zekâ destekli denetim modelleri kolaylıkla uygulanabilir. Blok zinciri verilerinin izlenebilir ve denetlenebilir olması, bu işlemleri daha güvenilir kılmaktadır (Dai ve Vasarhelyi, 2017; Cuomo, 2020).

Sonuç olarak, yapay zekâ ve blok zincir entegrasyonu, denetim süreçlerinde yenilikçi ve güvenilir çözümler sunmakta, veri güvenliği ve süreç şeffaflığını artırmaktadır. Bu iki teknolojinin bir arada kullanılması, özellikle finansal denetim ve muhasebe alanlarında devrim niteliğinde bir dönüşüm yaratma potansiyeline sahiptir.

### 3.3 Veri Güvenliği ve Gizliliği Açısından Yapay Zekâ ve Blok Zincir

Bilgisayar korsanlarının gerçekleştirdikleri saldırılar doğrultusunda güvenlik duvarlarını aşarak yerel alan ağlarına sızmaları sonucunda elde edebilecekleri önemli bilgileri korumak için bile bir oyun planı geliştirmenin tam olarak mümkün olmadığı koşullarda, kurumların bir de kendi çalışanları tarafından maruz kalabilecekleri risklere karşı önlem almalarının daha güç olduğu bariz biçimde anlaşılmaktadır. Bu gibi vakaların önlenmesinde kuşkusuz öncelikli olarak güvenlik altyapılarına yapılan yatırımların ölçeğini artırmak ilk sırada gelmektedir, çünkü güçlü bir bilgi sistemleri güvenliğine sahip olmak, bilgisayarların, ağların ve iletişim hatlarının hem kasıtlı olarak gerçekleştirilen saldırılara karşı savunulmasını hem de kaza sonucu oluşabilecek vakalara karşı sistemin çabuk toparlanabilmesini sağlamaktadır. Bilgisayar güvenliği geniş kapsamlı bir konu olduğundan, birçok tehdit unsurunun dikkate alınması gerekmektedir. Ancak, ne yazık ki, bu tehditlerin çoğu insan faktöründen kaynaklanmaktadır. Truva atı (trojan) bu tehditlerin en karmaşığı olarak dikkat çekmektedir. Bankalara yönelik olarak gerçekleştirilen siber saldırıların başında da Zeus ve SpyEye gibi truva atı familyasında kabul edilen kötü amaçlı yazılımlar gelmektedir. Herhangi bir truva atı saldırısı ile antivirüs kontrolüne yakalanılmadan sisteme sızılması ve bankaların hassas bilgilerine erişilmesi olasılıklar dahilindedir (Martino, 2013).

İşletmelerin kasıtlı veya kasıtsız olarak içeriden kaynaklı ataklara karşı siber güvenlik ölçümlerini yapabilmelerinin birkaç adet yolu bulunmaktadır (Tonsager, 2013). Yetkisiz erişimlere ve neticesinde ortaya çıkabilecek olası veri hırsızlığı vakalarına karşı organizasyonları koruyabilecek beş adet bilgi güvenliği ölçümü şu şekilde sıralanmıştır;

- *Dahili Gizlilik ve Veri Güvenliği İlkeleri:* İşletmelerin müşterilerinin ve çalışanlarının kişisel verilerini nasıl koruduğunu, ifşa ettiğini, kullandığını ve topladığını tanımlanmış ilkeler çerçevesinde belirlemelerinin, kimin gizlilik derecesi yüksek verilere ulaşması için yetkili olabileceği ve hassas sınıfta yer alan verilerin nasıl korunabileceği noktalarında kendilerine yardımcı olabileceği beklenmektedir (Tonsager, 2013).
  - *Internet Erişimi ve Kullanımı Politikaları:* Doksanlı yıllarda birçok şirket, çalışanlarının internete ve bilgisayar ağlarına nasıl erişebilmeleri gerektiği üzerine çalışan politikaları oluşturmuşlardır. Buna rağmen, bu politikalar, eşler arası programlar ve üçüncü parti mobil uygulamalar gibi yeni teknolojilerin türemesi ile şirketlerin sır kapsamındaki bilgilerinin ifşa edilmesine yol açtıkları için güncellenmelidirler (Tonsager, 2013).
  - *Sosyal Medya Politikaları:* Sosyal medya politikaları, genel olarak kurum çalışanlarının sosyal medyayı iş amaçları doğrultusunda nasıl kullanabilecekleri üzerine bir çerçeve sunarak, kişisel sosyal medya hesaplarının kullanılması için yönergeler ortaya koymaktadır. Bu politikalar vasıtası ile çalışanlara, gizli veya tescilli şirket bilgilerinin ifşa edilmesini önlemek için sosyal medyayı kullanırken ihtiyatlı olmaları hususunda bilgilendirme yapılırken, işverenin de yasal mevzuata uyum süreci kontrol altında tutulmuş olunmaktadır (Tonsager, 2013).
  - *Hizmet Sağlayıcı Anlaşmalarında Güçlü Korumalar:* Hizmet sağlayıcılar ile gerçekleştirilen gizlilik hükümleri ve ifşa etmeme anlaşmaları yaygın ve önemlidir. Ancak, gizlilik ve veri güvenliği hükümleri, bilhassa hizmet sağlayıcıların müşterilerin kişisel verilerini idare edebilecekleri durumlarda ek koruma sağlayarak güvenlik ihlali riskini minimum seviyelere çekebilmektedir (Tonsager, 2013).
  - *Kendi Cihazını Getir Politikası:* Çalışanlarına kendi akıllı telefonlarını, tabletlerini ve diğer cihazlarını kullanarak işlerinde kullandıkları elektronik posta adreslerine ve bilgisayar ağlarına ulaşmalarına izin veren işverenlerin sayısı gün geçtikçe artmaktadır. Hem işverenler hem de çalışanlar bu yaklaşımdan fayda sağlayabilirlerken, şirketlerin kendi cihazını getir politikasını uygularlarken, çalışanlarına yeterli bildirimde bulunduklarından ve uzaktan silme araçları gibi veri güvenliği önlemlerini aldıklarından emin olunması gerekmektedir (Tonsager, 2013).
- Metinde bahsedilen, kurumların bilgi güvenliği kapsamında maruz kaldığı riskler bağlamında, blok zincir teknolojisinin kullanılmasının getireceği faydalar sıralanacak olunursa;
- *Doğruluk:* Herhangi bir blok zincir ağı dahilinde gerçekleştirilen tüm işlemler binlerce düğüm tarafından kontrol edilerek onaylanmaktadır. Bu sayede, herhangi bir hata yapılsa bile sistemdeki diğer cihazlar bu hatayı anında tespit edebilmektedir. Ancak, herhangi bir hatanın anlaşılabilmesi için, ağ kapsamındaki cihazların en azından yüzde elli birinin eş zamanlı olarak aynı hatayı yapması gereklidir ki, böyle bir duruma, örneğin, Bitcoin gibi yüksek hacimli veriler ile işlem yapma kabiliyeti olan blok zincir ağlarında rastlanması söz konusu bile değildir (Pathak, 2021).
  - *Adem-i Merkezileşme:* Blok zincir ağları tek bir merkezden kontrol edilmemektedir. Bu sayede, bilgi teknolojileri denetimlerinde ve sızma testlerinde sıklıkla karşılaşılan

yetkilendirme ve erişilebilirlik sorunları ortadan kaldırılabılır, çünkü, sistem içerisindeki herhangi bir değişiklik anında her bir düğüme yansımaktadır (Pathak, 2021).

- *Değişmezlik*: Güvenilir şifreleme mekanizması ve sistem içerisindeki blokların kronolojik olarak birbirlerine bağlanması sayesinde verilerin değiştirilmesi olanaklı değildir. Bu sayede, siber güvenlik uzmanlarının risk kontrollerinde karşılaştıkları ve veri bütünlüğünün ihlaline neden olan sorunlar tespit edilerek önlenmektedir. Örneğin, bir blok zincir ağında herhangi bir işlem yapıldığında, binlerce güçlü bilgisayar bu işlemi kontrol ederek kaydın geçerliliğini sorgulamaktadır ve en son olarak bloğa eklemektedir. Bu süreçlerde karmaşık hesaplamalar içeren algoritmalar kullanılarak yeni bir işlemin kaydının bloğa aktarılması için tekil bir hash kullanılmaktadır. Böylelikle, kötü niyetli bir yazılım vasıtası ile sistemdeki bilgileri değiştirmek isteyen siber korsanların yapacağı herhangi bir atak, blok zincir ağındaki tüm düğümlerde fark edilerek geçersizleştirilmektedir ve bloklara eklenmeden saldırı kontrol altına alınmış olmaktadır (Pathak, 2021).

- *Şeffaflık*: Blok zincir ağları açık kaynak yazılım mimarisi üzerine geliştirildiği için herhangi bir merkeziyetçi otorite üzerinden işlem yapılmasına izin verilmemektedir. Sonuç olarak, geleneksel ağ mekanizmalarına kıyasla daha şeffaf bir yaklaşıma sahip olması sebebi ile bilgi teknolojisi denetçilerinin güvenlik açıklarını tespit etmeleri ve proaktif olarak çözüm önerileri sunmaları daha uygulanabilir hale getirilebilmektedir (Pathak, 2021).

#### 4. SONUÇLAR VE DEĞERLENDİRME

Blok zinciri ve yapay zekâ teknolojilerinin entegrasyonu, dijitalleşme sürecinde veri güvenliği, şeffaflık ve otomasyon gibi kritik alanlarda devrim yaratma potansiyeline sahiptir. Blok zincirinin merkeziyetsizlik, değişmezlik ve şeffaflık özellikleri, yapay zekânın karmaşık veri analizi ve otomasyon kabiliyetleriyle birleşerek daha güvenilir ve verimli sistemler oluşturulmasını sağlamaktadır. Bu iki teknolojinin birlikte kullanımı, özellikle finans, sağlık, kamu yönetimi ve siber güvenlik gibi alanlarda süreçlerin hızlandırılması, maliyetlerin azaltılması ve karar verme mekanizmalarının güçlendirilmesine katkıda bulunmaktadır. Akıllı sözleşmeler gibi blok zinciri tabanlı çözümler, süreçlerin şeffaflığını ve güvenilirliğini artırarak, insan müdahalesini minimize etmekte ve veri bütünlüğünü garanti altına almaktadır.

Bununla birlikte, blok zinciri ve yapay zekâ teknolojilerinin kullanımında bazı sınırlamalar ve zorluklar da bulunmaktadır. Özellikle blok zincirinin ölçeklenebilirlik sorunları, enerji tüketimi ve %51 saldırısı gibi teknik zorluklar, bu teknolojilerin daha geniş ölçekli benimsenmesini kısıtlamaktadır. Ancak, bu sınırlamalara rağmen, blok zinciri ve yapay zekânın entegrasyonu, dijital çağın ihtiyaçlarını karşılamada yenilikçi çözümler sunmakta ve gelecekteki teknolojik gelişmelerin temel taşlarından biri olmaya adaydır. Bu bağlamda, bu iki teknolojinin sürekli gelişimi ve yeni kullanım alanlarının keşfi, dijital ekosistemlerde köklü değişikliklere yol açabilecektir.

#### KAYNAKÇA



- Bağdat, A. (2023). Yapay zekânın muhasebe ve denetimde kullanımı: Fırsatlar ve tehditler. In N. Apaydın, G. G. Ekşi, & E. Dinçer (Eds.), *Yapay Zekâ ve Yönetim* (pp. 137-152). Nobel Akademik Yayıncılık.
- Buterin, V. (2014). A next-generation smart contract and decentralized application platform [White paper].
- Cagigas, D., Clifton, J., Diaz-Fuentes, D., & Fernández-Gutiérrez, M. (2021). Blockchain for public services: A systematic literature review. *IEEE Access*, 9, 13904-13921. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2021.3052019>
- Can, Y., & Akman, E. (2024). Blokzincir teknolojisi ve verimlilik ilişkisi: Türk kamu yönetiminde mevcut durum analizi. *Dumlupınar Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 80, 196-222. <https://doi.org/10.51290/dpusbe.1443217>
- Chen, Y.-C., Chou, Y.-P., & Chou, Y.-C. (2019). An image authentication scheme using Merkle tree mechanisms. *Future Internet*, 11(7), 149. <https://doi.org/10.3390/fi11070149>
- Christidis, K., & Devetsikiotis, M. (2016). Blockchains and smart contracts for the internet of things. *IEEE Access*, 4, 2292-2303.
- Cuomo, J. (2020, August). How blockchain adds trust to AI and IoT. IBM. <https://www.ibm.com/blogs/blockchain/2020/08/how-blockchain-adds-trust-to-ai-and-iot/>
- Dai, J., & Vasarhelyi, M. A. (2017). Toward blockchain-based accounting and assurance. *Journal of Information Systems*, 31(3), 5-21.
- Deloitte. (2020). Thriving in the era of pervasive AI: Deloitte's state of AI in the enterprise (3rd ed.). <https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/nl/Documents/innovatie/deloitte-nl-exec-deck-state-of-ai-in-the-enterprise-3rd-edition-final.pdf>
- Demirdöğmez, M. (2022). Blockchain teknolojisi ve yapay zekâ. In M. Demirdöğmez (Ed.), *Blockchain Teknolojisi ve Yapay Zekâ* (Bölüm IV, pp. 65-118). Harran University.
- Göktaş, P., & Aksu, B. (2021). Endüstri 4.0 ile beraber blok zincir teknolojisi, bitcoin ve sanal paraların gelecekteki olası etkileri. *Süleyman Demirel Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 26(3), 279-293.
- Han, H., Jarvis, R. K., Mordi, C., & Botchie, D. (2023). Accounting and auditing with blockchain technology and artificial intelligence: A literature review. *International Journal of Accounting Information Systems*, 48, 100598.
- Kakavand, H., Kost De Sevres, N., & Chilton, B. (2019). The blockchain revolution: An analysis of regulation and technology related to distributed ledger technologies. SSRN. <https://ssrn.com/abstract=2849251>
- Karaarslan, E., & Akbaş, M. F. (2017). Blokzinciri tabanlı siber güvenlik sistemleri. *Uluslararası Bilgi Güvenliği Mühendisliği Dergisi*, 3(2), 16-21. <https://dergipark.org.tr/en/download/article-file/396266>
- Kıyak, Y. S., Coşkun, Ö., & Budakoğlu, İ. İ. (2019). Blokzinciri, akıllı kontratlar ve sağlık alanındaki üç uygulama örneği. *Hacettepe Sağlık İdaresi Dergisi*, 22(2), 457-466.
- Kösesoy, İ. (2019). Nesnelerin interneti güvenliğinde blok zinciri uygulamaları. *Veri Bilimi*, 2(1), 1-9. <https://dergipark.org.tr/en/download/article-file/761128>
- Martino. (2013). 28 types of computer security threats and risks. IObit Forum. <https://forums.iobit.com/topic/11210-28-types-of-computer-security-threats-and-risks/>

- Mendi, A. F. (2021). Blokzincir mimarisi ve getirdiği fırsatlar. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 29, 181-186. <https://doi.org/10.31590/ejosat.1009655>
- Munoko, I., Brown-Liburd, H. L., & Vasarhelyi, M. (2020). The ethical implications of using artificial intelligence in auditing. *Journal of Business Ethics*, 167(2), 209-234.
- Pathak, A. (2021). Blockchain technology: A guide for beginners. *Geekflare*. <https://geekflare.com/finance/blockchain-technology-for-beginners/>
- Qadir, A. M., & Varol, N. (2019). A review paper on cryptography. In 2019 7th International Symposium on Digital Forensics and Security (ISDFS) (pp. 1-6). IEEE. <https://doi.org/10.1109/ISDFS.2019.8757514>
- Shimamoto, D. C. (2018). Why accountants must embrace machine learning. IFAC. <https://www.ifac.org/knowledge-gateway/preparing-future-ready-professionals/discussion/why-accountants-must-embrace-machine-learning>
- Singh, S., Iqbal, S., & Jaiswal, A. (2015). Survey on techniques developed using digital signature: Public key cryptography. *International Journal of Computer Applications*, 117(16). <https://doi.org/10.5120/20635-3272>
- Tevetoğlu, M. (2021). Ethereum ve akıllı sözleşmeler. *İnönü Üniversitesi Hukuk Fakültesi Dergisi*, 12(1), 193-208. <https://doi.org/10.21492/inuhfd.852860>
- Tonsager, L. (2013). 5 privacy and data security measures that can protect your company against trade secret theft. Covington. <https://www.insideprivacy.com/data-security/5-privacy-and-data-security-measures-that-can-protect-your-company-against-trade-secret-theft/>
- Ünal, G., & Uluyol, Ç. (2020). Blok zinciri teknolojisi. *Bilişim Teknolojileri Dergisi*, 13(2), 167-175. <https://doi.org/10.17671/gazibtd.516990>
- Yavuz, U., Özen, Ü., Taş, K., & Çağlar, B. (2020). Yapay sinir ağları ile blockchain verilerine dayalı bitcoin fiyat tahmini. *Journal of Information Systems and Management Research*, 2(1), 1-9.
- Yıldız, B. (2019). Dijital dönüşüm sürecinde blok zinciri teknolojisi ve akıllı sözleşmeler. In B. Yıldız (Ed.), *Dijital Dönüşüm Sürecinde Blok Zinciri Teknolojisi ve Akıllı Sözleşmeler* (pp. 1-54). Turkish-German University.



## A NOTE ON A CLASS OF TELESCOPIC NUMERICAL SEMIGROUPS WITH MULTIPLICITY 10

**Prof. Dr. Sedat İLHAN**

Dicle University, Faculty of Science,  
Department of Mathematics, Diyarbakır, TÜRKİYE  
[sedati@dicle.edu.tr](mailto:sedati@dicle.edu.tr),  
ORCID NO: 0000-0002-6608-8848

### ABSTRACT

In this paper, we will give some results about frobenius number, genus, and determine number of telescopic numerical semigroup  $b_v$  and symmetric numerical semigroup  $\frac{b_v}{2}$  such that  $b_v = \langle 10, 10v + 2, 10v + 7 \rangle$  where  $v \geq 1, v \in \mathbb{N}$ . We will also examine the relationships between  $b_v$  and  $\frac{b_v}{2}$ .

**Key Words:** Telescopic numerical semigroups, Frobenius number, Genus.

### INTRODUCTION

Let  $\mathbb{N}$  and  $\mathbb{Z}$  be the sets of nonnegative integers and integers, respectively. The subset  $b$  of  $\mathbb{N}$  is a numerical semigroup if  $0 \in b$ ,  $w_1 + w_2 \in b$ , for all  $w_1, w_2 \in b$ , and  $\text{Card}(\mathbb{N} \setminus b) < \infty$  (this condition is equivalent to  $\gcd(b) = 1$ ,  $\gcd(b)$  = greatest common divisor the element of  $b$ ).

Let  $b$  be a numerical semigroup, then  $l(b) = \max(\mathbb{N} \setminus b)$  and  $m(b) = \min\{t \in b : t > 0\}$  are called Frobenius number and multiplicity of  $b$ , respectively. Also,  $d(b) = \text{Card}(\{0, 1, 2, \dots, l(b)\} \setminus b)$  is called the number determine of  $b$ . If  $l(b) - k \in b$  then is called symmetric numerical semigroup, for all  $k \in \mathbb{N} \setminus b$ . It is known that  $b = \langle w_1, w_2 \rangle$  is symmetric numerical semigroup, and if  $b$  is a symmetric numerical semigroup then  $d(b) = D(b) = \frac{l(b) + 1}{2}$  (for details see [1], [7]).

If  $b$  is a numerical semigroup such that  $b = \langle w_1, w_2, \dots, w_n \rangle$ , then  $b = \langle w_1, w_2, \dots, w_p \rangle = \{q_0 = 0, q_1, q_2, \dots, q_{d-1}, q_d = l(b) + 1, \mathbb{N} \dots\}$  where  $q_i < q_{i+1}$ ,  $d = d(b)$ , and the arrow means that every integer greater than  $l(b) + 1$  belongs to  $b$ , for  $i = 1, 2, \dots, d = d(b)$ .

If  $q \in \mathbb{N}$  and  $q \nmid b$ , then  $q$  is called gap of  $b$ . We denote the set of gaps of  $b$ , by  $\mathcal{W}(b)$ , i.e,  $\mathcal{W}(b) = \mathbb{N} \setminus b$  and, the  $D(b) = \text{Card}(\mathcal{W}(b))$  is called the genus of  $b$ . Also, It is know that  $D(b) = l(b) + 1 - d(b)$ .  $b = \langle w_1, w_2, w_3 \rangle$  is a triply telescopic numerical semigroup if  $w_3 \nmid \langle \frac{w_1}{p}, \frac{w_2}{p} \rangle$  where  $p = \gcd(w_1, w_2)$ . We note that every telescopic numerical is symmetric ( for details see [2],[3],[4],[5] ). Let  $b$  be a numerical semigroup and  $0 \neq v \in \mathbb{N}$ . The set  $\frac{b}{v} = \{y \in \mathbb{N} : yv \in b\}$  is called the divisor set of  $b$  by  $v$ . If  $v = 2$  then the set  $\frac{b}{2}$  is called half of  $b$ . It is clear that  $b \nsubseteq \frac{b}{v}$  ([10]).

In this paper, we will give some results about frobenius number, genus and determine number of telescopic numerical semigroup  $b_v$  and symmetric numerical semigroup  $\frac{b_v}{2}$  such that  $b_v = \langle 10, 10v + 2, 10v + 7 \rangle$  where  $v \geq 1, v \in \mathbb{N}$ . We will also examine the relationships between  $b_v$  and  $\frac{b_v}{2}$ .

## MAIN RESULTS

**Proposition 1.** ([9])  $b_v = \langle 10, 10v + 2, 10v + 7 \rangle$  is a telescopic numerical semigroup, where  $v \geq 1, v \in \mathbb{N}$ .

**Proposition 2.** ([8]) Let  $\beta = \langle w_1, w_2, \dots, w_r \rangle$  be a numerical semigroup and  $p = \gcd\{w_1, w_2, \dots, w_{r-1}\}$ . If  $T = \langle \frac{w_1}{p}, \frac{w_2}{p}, \dots, \frac{w_{r-1}}{p} \rangle$  numerical semigroup then

1.  $\lambda(\beta) = p \cdot \lambda(T) + (p-1) \cdot w_r$
2.  $\Delta(\beta) = p \cdot \Delta(T) + \frac{(p-1)(w_r-1)}{2}$ .

**Proposition 3.** Let  $b_v = \langle 10, 10v + 2, 10v + 7 \rangle$  is a telescopic numerical semigroup, where  $v \geq 1, v \in \mathbb{N}$ . Then, we have

- (a)  $l(b_v) = 50v + 5$
- (b)  $d(b_v) = 25v + 3$
- (c)  $D(b_v) = 25v + 3$ .

**Proof.** (a) Let  $b_v = \langle 10, 10v + 2, 10v + 7 \rangle$  is a telescopic numerical semigroup, where  $v^3 \nmid 1$ ,  $v \nmid 1$ . We find that  $\lambda(T) = 25v + 5 - 5v - 5 - 1 = 20v - 1$  since  $p = \gcd(10, 10v + 2) = 2$  and  $T = \langle \frac{10}{2}, \frac{10v+2}{2} \rangle = \langle 5, 5v+1 \rangle$ , where  $v^3 \nmid 1$ ,  $v \nmid 1$ . In this case, we obtain that  $\lambda(\beta_v) = 2(20v - 1) + (2 - 1)(10v + 7) = 50v + 5$  from Proposition 2/(1).  
(b)-(c) It is trivial  $d(b_v) = D(b_v) = \frac{l(b_v) + 1}{2} = \frac{50v + 6}{2} = 25v + 3$  from  $b_v$  is symmetric numerical semigroup.

**Theorem 4.** Let  $b_v = \langle 10, 10v + 2, 10v + 7 \rangle$  is a telescopic numerical semigroup and symmetric numerical semigroup  $\frac{b_v}{2}$ , where  $v^3 \nmid 1$ ,  $v \nmid 1$ . Then,  $\frac{b_v}{2} = \langle 5, 5v + 1 \rangle$ .

**Proof.** Let  $b_v = \langle 10, 10v + 2, 10v + 7 \rangle$  is a telescopic numerical semigroup, where  $v^3 \nmid 1$ ,  $v \nmid 1$ . Then, we write that  
 $x \in \langle 5, 5v + 1 \rangle \Rightarrow x = 5a_1 + (5v + 1)a_2$   
 $\hat{U} \ 2x = 10a_1 + (10v + 2)a_2 = 10a_1 + (10v + 2)a_2 + (10v + 7) \cdot 0 \in \langle 10, 10v + 2, 10v + 7 \rangle$   
 $\hat{U} \ 2x \in \langle 10, 10v + 2, 10v + 7 \rangle = b_v$   
 $\hat{U} \ x \in \frac{b_v}{2}.$

**Proposition 5.** Let  $b_v = \langle 10, 10v + 2, 10v + 7 \rangle$  is a telescopic numerical semigroup and symmetric numerical semigroup  $\frac{b_v}{2} = \langle 5, 5v + 1 \rangle$ , where  $v^3 \nmid 1$ ,  $v \nmid 1$ . Then, we have

$$(a) \ l\left(\frac{b_v}{2}\right) = 20v - 1$$

$$(b) \ d\left(\frac{b_v}{2}\right) = 10v$$

$$(c) \ D\left(\frac{b_v}{2}\right) = 10v.$$

**Proof.** Let  $b_v = \langle 10, 10v + 2, 10v + 7 \rangle$  is a telescopic numerical semigroup and symmetric numerical semigroup  $\frac{b_v}{2} = \langle 5, 5v + 1 \rangle$ , where  $v^3 \nmid 1$ ,  $v \nmid 1$ . Then, we find that  
 $\lambda\left(\frac{\beta_v}{2}\right) = 5(5v + 1) - 5 - 5v - 1 = 20v - 1.$

(b)-(c) It is trivial  $d(\frac{b_v}{2}) = D(\frac{b_v}{2}) = \frac{l(\frac{b_v}{2}) + 1}{2} = \frac{20v}{2} = 10v$  since  $\frac{b_v}{2}$  is symmetric numerical semigroup.

**Corollary 6 .** Let  $b_v = \langle 10, 10v + 2, 10v + 7 \rangle$  is a telescopic numerical semigroup and symmetric numerical semigroup  $\frac{b_v}{2} = \langle 5, 5v + 1 \rangle$ , where  $v \geq 1, v \in \mathbb{N}$ . Then,

$$(a) \quad l(b_v) = l(\frac{b_v}{2}) + 30v + 6$$

$$(b) \quad d(b_v) = d(\frac{b_v}{2}) + 15v + 3$$

$$(c) \quad D(b_v) = D(\frac{b_v}{2}) + 15v + 3.$$

**Proof.** Let  $b_v = \langle 10, 10v + 2, 10v + 7 \rangle$  is a telescopic numerical semigroup and symmetric numerical semigroup  $\frac{b_v}{2} = \langle 5, 5v + 1 \rangle$ , where  $v \geq 1, v \in \mathbb{N}$ .

(a) We write that  $l(b_v) = 50v + 5$  and  $l(\frac{b_v}{2}) = 20v - 1$ . Thus, we obtain

$$l(\frac{b_v}{2}) + 30v + 6 = (20v - 1) + 30v + 6 = 50v + 5 = l(b_v).$$

(b) We find that  $d(\frac{b_v}{2}) + 15v + 3 = (10v) + 15v + 3 = 25v + 3 = d(b_v)$  since  $d(\frac{b_v}{2}) = 10v$ .

(c) We have that  $D(\frac{b_v}{2}) + 15v + 3 = (10v) + 15v + 3 = 25v + 3 = D(b_v)$  since

$$D(\frac{b_v}{2}) = 10v.$$

**Example 7.** We put  $v = 1$  in  $b_v = \langle 10, 10v + 2, 10v + 7 \rangle$  triply telescopic numerical semigroup. Then we have

$$b_1 = \langle 10, 12, 17 \rangle = \{0, 10, 12, 17, 20, 22, 24, 27, 29, 30, 32, 34, 36, 37, 39, 40, 41, 42, 44, 46, 47, \dots, 53, 54, 56, \dots\}.$$

In this case, we obtain

$$l(b_1) = 55, \quad W(b_1) = \{1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 11, 13, 14, 15, 16, 18, 19, 21, 23, 25, 26, 28, 31, 33, 35, 38, 43, 45, 55\},$$

$$d(b_1) = D(b_1) = \frac{l(b_1) + 1}{2} = 28.$$

$$\text{Also, we write, } \frac{b_1}{2} = \langle 5, 6 \rangle = \{0, 5, 6, 10, 11, 12, 15, 16, 17, 18, 20, \infty, \dots\},$$

$$l\left(\frac{b_1}{2}\right) = 19 \text{ and } d\left(\frac{b_1}{2}\right) = D\left(\frac{b_1}{2}\right) = 10. \text{ Thus, we obtain}$$

$$l\left(\frac{b_1}{2}\right) + 30 \cdot 1 + 6 = 19 + 36 = 55 = l(b_1),$$

$$d\left(\frac{b_1}{2}\right) + 15 \cdot 1 + 3 = 10 + 18 = 28 = d(b_1) \text{ and } D\left(\frac{b_1}{2}\right) + 15 \cdot 1 + 3 = 10 + 18 = 28 = D(b_1).$$

## References

- [1] Froberg, R., Gotlieb, C., & Haggkvist, R., On numerical semigroups. *Semigroup Forum*, 35, 63-68, 1987.
- [2] C.Kirfel and R. Pellikaan, The minimum distance of codes in an array coming telescopic semigroups, Special issue on algebraic geometry codes, IEEE Trans. Inform. Theory, 41 1720-1732, 1995.
- [3] Süer M. and İlhan S., All Telescopic Numerical Semigroups With Multiplicity Four and Six, *Journal of Science and Technology, Erzincan Üniversitesi*, 12 (1), 457-462, 2019.
- [4] İlhan S. , On a class of telescopic numerical semigroups, *Int. J. Contemporary Math. Sci.*, Vol 1, no 2, 81-83, 2006.
- [5] Süer M. and İlhan S., On triply generated telescopic semigroups with multiplicity 8 and 9, *Comptes rendus de l'Academie bulgare des Sciences*, 72(3), 315-319, 2020.
- [6] İlhan S. and Karakaş H.İ., Arf numerical semigroups, *Turkish Journal of Mathematics*, 41, 1448-1457, 2017.
- [7] Rosales, J.C. and Garcia-Sanchez, P.A. , *Numerical semigroups*. New York, 2009.
- [8] Jonhson S.M., A Linear diophantine problem, *Canad. J. Math.*, 12, 390-398, 1960.
- [9] Süer, M. and İlhan S., Telescopic numerical semigroups with multiplicity ten and embedding dimension three, *Journal of Universal Mathematics*, 5 (2) , 139-148 , 2022
- [10] Rosales, J.C. and Garcia-Sanchez P.A., Every numerical semigroup is one half of infinitely many symmetric numerical semigroups, *Comm. Algebra* 36, 2910- 2916, 2008.

## ON ARF CLOSURE OF A CLASS OF TELESCOPIC NUMERICAL SEMIGROUPS WITH EMBEDDING DIMENSION THREE

**Prof. Dr. Sedat İLHAN**

Dicle University, Faculty of Science,  
Department of Mathematics, Diyarbakır, TÜRKİYE  
[sedati@dicle.edu.tr](mailto:sedati@dicle.edu.tr),  
ORCID NO: [0000-0002-6608-8848](https://orcid.org/0000-0002-6608-8848)

### ABSTRACT

In this paper, we will give Arf closure of  $S_k$  and  $\frac{S_k}{2}$ . Also, we will give some results about Frobenius number, gaps, and determine number of Arf closure of numerical semigroup  $S_k$  and  $\frac{S_k}{2}$  such that  $S_k = \langle 10, 10k + 2, 10k + 7 \rangle$  and  $\frac{S_k}{2} = \langle 5, 5k + 1 \rangle$  where  $k \geq 1, k \in \mathbb{N}$ .

**Key Words:** Frobenius number, Telescopic numerical semigroups, Arf closure.

### INTRODUCTION

Let  $\mathbb{N}$  and  $\mathbb{Z}$  be the sets of nonnegative integers and integers, respectively. The subset  $S$  of  $\mathbb{N}$  is a numerical semigroup if  $0 \in S$ ,  $a + b \in S$ , for all  $a, b \in S$ , and  $\text{Card}(\mathbb{N} \setminus S) < \infty$  (this condition is equivalent to  $\gcd(S) = 1$ ,  $\gcd(S)$  = greatest common divisor the element of  $S$ ). Let  $S$  be a numerical semigroup, then  $F(S) = \max(\mathbb{N} \setminus S)$  and  $m(S) = \min\{a \in S : a > 0\}$  are called Frobenius number and multiplicity of  $S$ , respectively. Also,  $n(S) = \text{Card}(\{0, 1, 2, \dots, F(S)\} \cap S)$  is called the number determine of  $S$ . If  $F(S) - x \in S$  then is called symmetric numerical semigroup, for all  $x \in \mathbb{N} \setminus S$ . It is known that  $S = \langle a, b \rangle$  is symmetric numerical semigroup, and if  $S$  is a symmetric numerical semigroup then  $n(S) = G(S) = \frac{F(S) + 1}{2}$  (for details see [1], [7]).

If  $S$  is a numerical semigroup such that  $S = \langle a_1, a_2, \dots, a_n \rangle$ , then we observe that  $S = \langle a_1, a_2, \dots, a_n \rangle = \{s_0 = 0, s_1, s_2, \dots, s_{n-1}, s_n = F(S) + 1, \dots\}$  where  $s_i < s_{i+1}$ ,  $n = n(S)$ ,

and the arrow means that every integer greater than  $F(S) + 1$  belongs to  $S$ , for  $i = 1, 2, \dots, n = n(S)$ . If  $x \notin S$  and  $x \in S$ , then  $x$  is called gap of  $S$ . We denote the set of gaps of  $S$ , by  $H(S)$ , i.e.,  $H(S) = \mathbb{N} \setminus S$  and, the  $G(S) = \text{Card}(H(S))$  is called the genus of  $S$ . Also, It is known that  $G(S) = F(S) + 1 - n(S)$ . Let  $S = \langle a_1, a_2, a_3 \rangle$  is a triply-generated telescopic numerical semigroup if  $a_3 \in \langle \frac{a_1}{d}, \frac{a_2}{d} \rangle$  where  $d = \gcd(a_1, a_2)$ . We note that every telescopic numerical is symmetric (for details see [2],[3],[4],[5]).

Let  $S$  be a numerical semigroup and  $0 \neq v \in \mathbb{N}$ . The set  $\frac{S}{v} = \{y \in \mathbb{N} : yv \in S\}$  is called the divisor set of  $S$  by  $v$ . If  $v = 2$  then the set  $\frac{S}{2}$  is called half of  $S$ . It is clear that  $S \subseteq \frac{S}{v}$  ([10]). If  $S$  is a numerical semigroup such that  $S = \langle a_1, a_2, \dots, a_n \rangle$ , then  $L(S) = \langle a_1, a_2 - a_1, a_3 - a_1, \dots, a_n - a_1 \rangle$  is called Lipman numerical semigroup of  $S$ , and it is known that

$$L_0(S) = S \subseteq L_1(S) = L(L_0(S)) \subseteq L_2 = L(L_1(S)) \subseteq \dots \subseteq L_m = L(L_{m-1}(S)) \subseteq \dots \subseteq \mathbb{N}.$$

A numerical semigroup  $S$  is Arf if  $a_1 + a_2 - a_3 \in S$ , for all  $a_1, a_2, a_3 \in S$  such that  $a_1 \leq a_2 \leq a_3$ . The intersection of any family of Arf numerical semigroups is again an Arf numerical semigroup. Thus, since  $\mathbb{N}$  is an Arf numerical semigroup, one can consider the smallest Arf numerical semigroup containing a given numerical semigroup. The smallest Arf numerical semigroup containing a numerical semigroup  $S$  is called the Arf closure of  $S$ , and it is denoted by  $\text{Arf}(S)$  (see [6],[7]).

In this paper, we will give Arf closure of  $S_k$  and  $\frac{S_k}{2}$ . Also, we will give some results about Frobenius number, gaps, and determine number of Arf closure of numerical semigroup  $S_k$  and  $\frac{S_k}{2}$  such that  $S_k = \langle 10, 10k + 2, 10k + 7 \rangle$  and  $\frac{S_k}{2} = \langle 5, 5k + 1 \rangle$  where  $k \geq 1, k \in \mathbb{N}$ .

## MAIN RESULTS

**Proposition 1.** ([9])  $S_k = \langle 10, 10k + 2, 10k + 7 \rangle$  is a telescopic numerical semigroup, where  $k \geq 1, k \in \mathbb{N}$ .



**Proposition 2.** ([8]) Let  $S = \langle u_1, u_2, \dots, u_n \rangle$  be a numerical semigroup and  $d = \gcd\{u_1, u_2, \dots, u_{n-1}\}$

. If  $T = \langle \frac{u_1}{d}, \frac{u_2}{d}, \dots, \frac{u_{n-1}}{d} \rangle$  numerical semigroup then

1.  $F(S) = d.F(T) + (d-1).u_n$
2.  $G(S) = d.G(T) + \frac{(d-1)(u_n-1)}{2}$ .

**Proposition 3.** Let  $S_k = \langle 10, 10k+2, 10k+7 \rangle$  be a telescopic numerical semigroup, where  $k \geq 1, k \in \mathbb{N}$ . Then, we have

- (a)  $F(S_k) = 50k + 5$
- (b)  $n(S_k) = 25k + 3$
- (c)  $G(S_k) = 25k + 3$ .

**Proof.** (a) Let  $S_k = \langle 10, 10k+2, 10k+7 \rangle$  be a telescopic numerical semigroup, where  $k \geq 1, k \in \mathbb{N}$ . We find that  $F(T) = 25k + 5 - 5k - 5 - 1 = 20k - 1$  since  $d = \gcd(10, 10k+2) = 2$  and  $T = \langle \frac{10}{2}, \frac{10k+2}{2} \rangle = \langle 5, 5k+1 \rangle$ , where  $k \geq 1, k \in \mathbb{N}$ . In this case, we obtain that  $F(S) = 2(20k-1) + (2-1).(10k+7) = 50k + 5$  from Proposition 2/(1).

(b)-(c) It is trivial  $n(S) = G(S) = \frac{F(S)+1}{2} = \frac{50k+6}{2} = 25k+3$  from  $S_k$  is symmetric numerical semigroup.

**Theorem 4** ([6]) Let  $S$  be a numerical semigroup and let  $m_i = m(L_i)$  where  $L_i$  is the  $i$ th term of the Lipman sequence of semigroups of  $S$  for each  $i \geq 0$ . Let,

$f(\text{Arf}(S)) = f^{(a)}, n(\text{Arf}(S)) = n^{(a)}$ . Then  $n^{(a)} = l(S) = l$  and we have,

$$\text{Arf}(S) = \{s_0^{(a)} = 0, s_1^{(a)}, s_2^{(a)}, \dots, s_{l-1}^{(a)}, s_l^{(a)} = f^{(a)} + 1, \infty \dots\}$$

where,

$$\begin{aligned} s_1^{(a)} &= m_0 = m(S), \\ s_2^{(a)} &= m_0 + m_1, \dots, s_{l-1}^{(a)} = m_0 + m_1 + m_2 + \dots + m_{l-2}, \\ s_l^{(a)} &= m_0 + m_1 + m_2 + \dots + m_{l-2} + m_{l-1} \end{aligned}$$

and

$$f^{(a)} = m_0 + m_1 + m_2 + \dots + m_{l-2} + m_{l-1} - 1.$$

**Theorem 5.** Let  $S_k = \langle 10, 10k + 2, 10k + 7 \rangle$  be a telescopic numerical semigroup, where  $k \geq 1, k \in \mathbb{N}$ . Then,  $\text{Arf}(S_k) = \{0, 10, 20, 30, \dots, 10k, 10k + 2, 10k + 4, 10k + 6, \dots\}$ .

**Proof.** Let  $S_k = \langle 10, 10k + 2, 10k + 7 \rangle$  be a telescopic numerical semigroup, where  $k \geq 1, k \in \mathbb{N}$ . It is trivial  $m_0 = 10$  since  $L_0(S_k) = S_k$ . Thus, we write  $L_1(S_k) = \langle 10, 10k - 8, 10k - 3 \rangle$ . In this case,

(1) If  $10k - 8 < 10$  (if  $k = 1$ ) then we obtain

$$L_1(S_k) = \langle 10, 10k - 8, 10k - 3 \rangle = \langle 10, 2, 7 \rangle = \langle 2, 7 \rangle, m_1 = 2 \text{ and we have } .$$

$$L_2(S_1) = \langle 2, 5 \rangle, m_2 = 5; L_3(S_1) = \langle 2, 3 \rangle, m_3 = 2 \text{ and } L_4(S) = \langle 2, 1 \rangle = \langle 1 \rangle = \mathbb{N}, m_4 = 1$$

So, we obtain  $\text{Arf}(S_1) = \{0, 10, 12, 14, 16, \dots\}$ .

(2) If  $10k - 8 > 10$  then  $m_1 = 10$ , and we have  $L_2(S_1) = \langle 10, 10k - 18, 10k - 13 \rangle$ . In this case,

(3) if  $10k - 18 < 10$  (if  $k = 2$ ) then  $L_2(S_2) = \langle 10, 2, 7 \rangle = \langle 2, 7 \rangle$  and  $m_2 = 2$ .

$$L_3(S_2) = \langle 2, 5 \rangle, m_3 = 2; L_4(S_2) = \langle 2, 3 \rangle, m_4 = 2 \text{ and}$$

$$L_5(S_2) = \langle 2, 1 \rangle = \langle 1 \rangle = \mathbb{N}, m_5 = 1.$$

Thus we find  $\text{Arf}(S_2) = \{0, 10, 20, 22, 24, 26, \dots\}$ .

(4) if  $10k - 18 > 10$  then we write that  $m_2 = 10$  since  $L_2(S_k) = \langle 10, 10k - 18, 10k - 13 \rangle$ .

Thus,  $L_3(S_k) = \langle 10, 10k - 28, 10k - 23 \rangle$ . Here, if  $10k - 28 < 10$  (if  $k = 3$ ) then we have  $\text{Arf}(S_3) = \{0, 10, 20, 30, 32, 34, 36, \dots\}$ .

If we are continued, we have

$$\text{Arf}(S_k) = \{0, 10, 20, 30, \dots, 10k, 10k + 2, 10k + 4, 10k + 6, \dots\}.$$

**Corollary 6 .** Let  $S_k = \langle 10, 10k + 2, 10k + 7 \rangle$  be a telescopic numerical semigroup, where  $k \geq 1, k \in \mathbb{N}$ . Then, we have

$$(a) F(\text{Arf}(S_k)) = 10k + 5$$

$$(b) n(\text{Arf}(S_k)) = k + 3$$

$$(c) G(\text{Arf}(S_k)) = 9k + 3.$$

**Proof.** (a) It is clear from  $\text{Arf}(S_k) = \{0, 10, 20, 30, \dots, 10k, 10k + 2, 10k + 4, 10k + 6, \dots\}$ .

(b) Let  $B_1$  and  $B_2$  be the cardinalities of the subsets  $\{10, 20, 30, \dots, 10k\}$  and  $\{10k + 2, 10k + 4, 10k + 6\}$  of  $\text{Arf}(S_k) = \{0, 10, 20, 30, \dots, 10k, 10k + 2, 10k + 4, 10k + 6, \dots\}$

, respectively. In this case, we have  $B_1 = \frac{10k - 10}{10} + 1 = k$  and  $B_2 = 1$ . Thus, we obtain

$$n(\text{Arf}(S_k)) = B_1 + B_2 = k + 3.$$

$$(c) G(\text{Arf}(S_k)) = F(\text{Arf}(S_k)) + 1 - n(\text{Arf}(S_k)) = 10k + 5 + 1 - (k + 3) = 9k + 3.$$

**Corollary 7.** Let  $S_k = \langle 10, 10k + 2, 10k + 7 \rangle$  be a telescopic numerical semigroup, where  $k \geq 1, k \in \mathbb{N}$ . Then, we have

$$(a) F(S_k) = F(\text{Arf}(S_k)) + 40k$$

$$(b) n(S_k) = n(\text{Arf}(S_k)) + 24k$$

$$(c) G(S_k) = G(\text{Arf}(S_k)) + 16k$$

**Proof.** It is trivial from Proposition 3 and Corollary 6.

**Theorem 8.** Let  $S_k = \langle 10, 10k + 2, 10k + 7 \rangle$  be a telescopic numerical semigroup and  $\frac{S_k}{2} = \langle 5, 5k + 1 \rangle$ , where  $k \geq 1, k \in \mathbb{N}$ . Then,  $\text{Arf}(\frac{S_k}{2}) = \{0, 5, 10, 15, 20, \dots, 5k, \infty \dots\}$ .

**Proof.** If we perform operations similar to the proof of Theorem 5, we get that  $\text{Arf}(\frac{S_k}{2}) = \{0, 5, 10, 15, 20, \dots, 5k, \infty \dots\}$ .

**Corollary 9.** Let  $S_k = \langle 10, 10k + 2, 10k + 7 \rangle$  be a telescopic numerical semigroup and  $\frac{S_k}{2} = \langle 5, 5k + 1 \rangle$ , where  $k \geq 1, k \in \mathbb{N}$ .

$$(a) F(\frac{S_k}{2}) = 20k - 1$$

$$(b) n(\frac{S_k}{2}) = 10k$$

$$(c) G(\frac{S_k}{2}) = 10k.$$

**Proof.** The proof can be easily seen from the definition of the Frobenius number, the determine number and the genus of the symmetric numerical semigroup.

**Corollary 10.** Let  $S_k = \langle 10, 10k + 2, 10k + 7 \rangle$  be a telescopic numerical semigroup and  $\frac{S_k}{2} = \langle 5, 5k + 1 \rangle$ , where  $k \geq 1, k \in \mathbb{N}$ . If  $\text{Arf}(\frac{S_k}{2}) = \{0, 5, 10, 15, 20, \dots, 5k, \infty \dots\}$  then

$$(a) F(\text{Arf}(\frac{S_k}{2})) = 5k - 1$$

$$(b) n(\text{Arf}(\frac{S_k}{2})) = k$$

$$(c) \quad G\left(\text{Arf}\left(\frac{S_k}{2}\right)\right) = 4k.$$

**Proof.** (a) It is clear from  $\text{Arf}\left(\frac{S_k}{2}\right) = \{0, 5, 10, 15, 20, \dots, 5k, \textcircled{R} \dots\}$ . (b) We write that

$$\begin{aligned} n\left(\text{Arf}\left(\frac{S_k}{2}\right)\right) &= \text{Card}\left(\bigcup_{i=1}^k \{0, 1, 2, \dots, \text{Arf}\left(\frac{S_k}{2}\right)_i\} \cap \text{Arf}\left(\frac{S_k}{2}\right)\right) \\ &= \text{Card}(\{0, 1, 2, \dots, 5k-1\} \cap \{0, 5, 10, 15, 20, \dots, 5k, \textcircled{R} \dots\}) \\ &= \text{Card}(\{0, 1, 2, \dots, 5k-5\}) = k. \end{aligned}$$

$$(c) \quad G\left(\text{Arf}\left(\frac{S_k}{2}\right)\right) = F\left(\text{Arf}\left(\frac{S_k}{2}\right)\right) + 1 - n\left(\text{Arf}\left(\frac{S_k}{2}\right)\right) = 5k - 1 + 1 - k = 4k.$$

**Corollary 11.** Let  $S_k = \langle 10, 10k + 2, 10k + 7 \rangle$  be a telescopic numerical semigroup and  $\frac{S_k}{2} = \langle 5, 5k + 1 \rangle$ , where  $k \geq 1, k \in \mathbb{N}$ . If  $\text{Arf}(S_k) = \{0, 10, 20, 30, \dots, 10k, 10k + 5, \textcircled{R} \dots\}$  and  $\text{Arf}\left(\frac{S_k}{2}\right) = \{0, 5, 10, 15, 20, \dots, 10k, \textcircled{R} \dots\}$  then

$$(a) \quad F(\text{Arf}(S_k)) = F\left(\text{Arf}\left(\frac{S_k}{2}\right)\right) + 5k + 6$$

$$(b) \quad n(\text{Arf}(S_k)) = n\left(\text{Arf}\left(\frac{S_k}{2}\right)\right) + 3$$

$$(c) \quad G(\text{Arf}(S_k)) = G\left(\text{Arf}\left(\frac{S_k}{2}\right)\right) + 5k + 3.$$

**Example 12.** We put  $k = 1$  in  $S_k = \langle 10, 10k + 2, 10k + 7 \rangle$  triply-generated telescopic numerical semigroup. Then we have

$$S_1 = \langle 10, 12, 17 \rangle = \{0, 10, 12, 17, 20, 22, 24, 27, 29, 30, 32, 34, 36, 37, 39, 40, 41, 42, 44, 46, 47, \dots, 53, 54, 56, \textcircled{R} \dots\}.$$

In this case, we obtain

$$F(S_1) = 55, \quad H(S_1) = \{1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 11, 13, 14, 15, 16, 18, 19, 21, 23, 25, 26, 28, 31, 33, 35, 38, 43, 45, 55\},$$

$$n(S_1) = G(S_1) = \frac{F(S_1)}{2} = 28.$$

$$\text{Also, we write, } \frac{S_k}{2} = \langle 5, 6 \rangle = \{0, 5, 6, 10, 11, 12, 15, 16, 17, 18, 20, \textcircled{R} \dots\},$$

$$F\left(\frac{S_1}{2}\right) = 19 \text{ and } n\left(\frac{S_1}{2}\right) = G\left(\frac{S_1}{2}\right) = 10. \text{ In this case, we obtain}$$

$$\text{Arf}(S_1) = \{0, 10, 12, 14, 16, \textcircled{R} \dots\} \text{ and } \text{Arf}\left(\frac{S_1}{2}\right) = \{0, 5, \textcircled{R} \dots\}$$

$$F(\text{Arf}(S_1)) = 15, \quad H(\text{Arf}(S_1)) = \{1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 11, 13, 15\}$$

$$G(\text{Arf}(S_1)) = 12 \text{ and } n(\text{Arf}(S_1)) = 4. \text{ Also, } F(\text{Arf}(\frac{S_1}{2})) = 4, H(\text{Arf}(\frac{S_1}{2})) = \{1, 2, 3, 4\}$$

$$G(\text{Arf}(\frac{S_1}{2})) = 4 \text{ and } n(\text{Arf}(\frac{S_1}{2})) = 1$$

So, we obtain

$$F(\text{Arf}(S_1)) + 40 = 15 + 40 = 55 = F(S_1),$$

$$n(\text{Arf}(S_1)) + 24 = 4 + 24 = 28 = n(S_1)$$

$$G(\text{Arf}(S_1)) + 16 = 12 + 16 = 28 = G(S_1) \text{ and}$$

$$F(\text{Arf}(\frac{S_1}{2})) + 5 + 6 = 4 + 5 + 6 = 15 = F(\text{Arf}(S_1)),$$

$$n(\text{Arf}(\frac{S_1}{2})) + 3 = 1 + 3 = 4 = n(\text{Arf}(S_1)),$$

$$G(\text{Arf}(\frac{S_1}{2})) + 5 + 3 = 4 + 5 + 3 = 12 = G(\text{Arf}(S_1)).$$

## References

- [1] Froberg, R., Gotlieb, C., and Haggkvist, R., On numerical semigroups. Semigroup Forum, 35, 63-68, 1987.
- [2] Kirfel, C. and Pellikaan, R., The minimum distance of codes in an array coming telescopic semigroups, Special issue on algebraic geometry codes, IEEE Trans. Inform. Theory, 41 1720-1732, 1995.
- [3] Süer M. and İlhan S., All Telescopic Numerical Semigroups With Multiplicity Four and Six, Journal of Science and Technology, Erzincan Üniversitesi, 12 (1), 457-462, 2019.
- [4] İlhan S., On a class of telescopic numerical semigroups, Int. J. Contemporary Math. Sci., 1(2), 81-83, 2006.
- [5] Süer M. and İlhan S., On triply generated telescopic semigroups with multiplicity 8 and 9, Comptes rendus de l'Académie bulgare des Sciences, 72(3), 315-31., 2020.
- [6] İlhan S. and Karakaş H.İ., Arf numerical semigroups, Turkish Journal of Mathematics, 41, 1448-1457, 2017.
- [7] Rosales, J.C. and Garcia-Sanchez, P.A., Numerical semigroups. New York: Springer 181. 2009.
- [8] Jonhson S.M., A Linear diophantine problem, Canad. J. Math., 12, 390-398, 1960.
- [9] Süer, M. and İlhan S., Telescopic numerical semigroups with multiplicity ten and embedding dimension three, Journal of Universal Mathematics, 5 (2), 139-148, 2022.
- [10] Rosales, J.C. and Garcia-Sanchez P.A., Every numerical semigroup is one half of

in\_finitely many symmetric numerical semigroups, Comm. Algebra 36, 2910- 2916,2008.

# IMPACT OF DETAIL LEVEL IN FAULT TREE ANALYSIS ON FLIGHT SAFETY IN COMPLEX SYSTEMS: AN EXAMINATION OF EQUIPMENT AND SUBCOMPONENT LEVELS OF DIGITAL FLY-BY-WIRE FLIGHT CONTROL SYSTEMS

**Latif YALÇIN**

Yıldız Technical University, Department of Avionics Engineering, Istanbul, Türkiye  
yalcinlatif6@gmail.com - 0009-0001-4893-1010

**Şeref Naci ENGİN**

Yıldız Technical University, Department of Avionics Engineering, Istanbul, Türkiye  
nengin@yildiz.edu.tr - 0000-0003-2514-9250

**Ayçin GÜRDAMAR**

Yıldız Technical University, Department of Avionics Engineering, Istanbul, Türkiye  
agurdamar@yildiz.edu.tr - 0000-0002-2843-8632

## ABSTRACT

This study is one of the first to comprehensively compare Fault Tree Analysis (FTA) conducted at both the equipment and subcomponent levels for the same system, with a particular focus on Fly-by-Wire (FBW) flight control system. FTA is a critical tool in system safety, and determining the optimal level of detail for this analysis is crucial in order to produce accurate and effective safety assessments. This research investigates whether analyses should be conducted at the equipment level, which is faster but may miss critical interactions, or at the deeper subcomponent level, which provides more insight but is more complex and time-consuming. Using a mixed-methods approach, including literature reviews, expert opinions, and quantitative simulations, this study compares fault trees at two levels of varying detail using tools such as Windchill and MATLAB. The results show that although equipment-level analysis is more practical and resource-efficient, it may miss vital system interactions. In contrast, subcomponent-level analysis provides a more comprehensive understanding of system failures, improving predictive accuracy and enhancing preventive measures. This study contributes to safety management practices in aviation by providing guidelines for optimizing the FTA process and enabling safety engineers to tailor their assessments to the specific requirements of large-scale aviation systems.

**Key Words:** System Safety, FTA, aviation, safety, FHA, FMEA, FMES, SSA, PSSA, certification, flight safety, system failures, equipment-level analysis, subcomponent-level analysis, predictive safety models, risk management in aviation.



## 1. INTRODUCTION

In order to investigate system failures and increase safety, fault tree analysis, or FTA, is a methodical, graphical tool that is frequently used in aviation. The choice of detail level in the FTA (either at the equipment level or subcomponent level) becomes increasingly important as aviation systems become more complex in order to properly detect and mitigate possible faults. The impact of different levels of detail on the comprehensibility and utility of safety assessments has not been thoroughly studied in big systems, despite the fact that FTA is preferred for its capacity to represent intricate interconnections and failure scenarios. This gap emphasizes the necessity for in-depth studies on the ways in which varying degrees of specificity impact the efficiency of free trade agreements in the aviation industry. The purpose of this paper is to assess the trade-offs between various FTA levels of information, determine the best practicable strategy without going overboard, and offer helpful advice for aeronautical engineers. This research attempts to enhance safety management techniques by offering insights into optimum degrees of detail in fault tree analyses for the aviation sector. It does this by employing a mixed methods approach that combines expert insights with quantitative simulations and uses tools like Windchill.

## 2. SYSTEM SAFETY APPROACH

The System Safety Approach is a planned and predictive method used to identify, analyze and reduce risks that may arise throughout the entire life cycle of a system. Unlike traditional and reactive safety methods, this approach foresees hazards from the very beginning of the design and covers the process until the system is decommissioned. Safety is integrated into the system at every stage and how the components interact with each other and the risks that may arise from these interactions are analyzed. While it focuses on preventing accidents, it also aims to minimize the consequences of possible accidents. It examines the system comprehensively and ensures that safety issues are addressed from the beginning in the design, operation and maintenance stages, thus contributing to the creation of more reliable, safer and secure systems.

### 2.1. Introduction to Safety

Assuring safety in the intricate web of contemporary technologies and sophisticated systems is now a comprehensive endeavor rather than a sequential one. It becomes clear that the system safety approach is a sound methodology that attempts to address possible risks and hazards across several interrelated components. This article explores the basic ideas, procedures, and advantages of using a system safety approach across different industries and studies. It clarifies how an all-encompassing approach surpasses conventional safety measures to establish safe and resilient operating environments. The System Safety (1999) Handbook states that “System safety is the name given to the effort to make things as safe as possible by systematically using engineering and management tools to identify, analyze, and control hazards. The system safety “effort” is sometimes called an approach, a discipline, a concept, a doctrine, and/or a philosophy.” [1] Also, according to NASA System Safety Handbook, “System safety involves applying engineering and management principles, criteria, and techniques to enhance safety while considering operational effectiveness, time, and cost

constraints across the entire system life cycle. It is likened to systems engineering, where a holistic approach is taken to evaluate safety by integrating it into the broader context of systems engineering practices, ensuring a comprehensive system-level perspective.” [2]

## 2.2. Understanding the System Safety Approach

The fundamental component of the system safety approach is an integrated, strategic framework for identifying, evaluating, and mitigating risks in complex systems. The system safety approach takes into account the relationships and interdependencies between different pieces, in contrast to traditional safety models that frequently concentrate on individual components. Organizations can better understand possible vulnerabilities and take proactive measures to fix them before they become serious issues by embracing a system’s thinking attitude. This section outlines the general procedure for safety assessment followed in the avionics industry, following the guidelines of the SAE standard ARP 4761 [3]. The information provided in this part on the various steps of the safety assessment process is mostly taken from the ARP 4761 guideline.

The safety assessment process is an integral part of the system development process. Fig1 provides a general overview of the safety assessment process. This process involves defining safety requirements supporting aircraft development activities (on the left side of the "V" diagram) and verification (on the right side of the "V" diagram). At the beginning of the aircraft development cycle, a Aircraft Level Functional Hazard Analysis (FHA) is conducted, followed by System Level FHA for individual subsystems. The next step following FHA is Preliminary System Safety Assessment (PSSA), which derives safety requirements for subsystems using Fault Tree Analysis (FTA). The PSSA process iterates cyclically between identifying derived system requirements requiring design changes and evolving the design. Once design and implementation are completed, the System Safety Assessment (SSA) process verifies whether the applied design meets safety requirements. Failure Modes and Effects Analysis (FMEA) is conducted on components to calculate real failure probabilities. Subsequently, fault trees created for the applied design are verified first for subsystems and then for the integrated aircraft through quantitative and qualitative analyses.

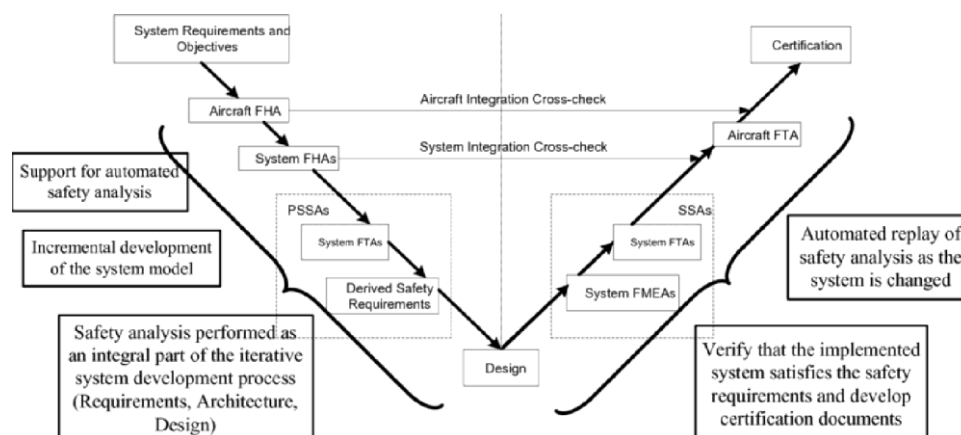


**Figure 1“V” Process for Safety Assessment**

## 2.3. Key Components of a System Safety Approach

The System safety Approach is a comprehensive approach designed to identify, assess and mitigate risks in complex systems, ensuring their safe and reliable operation. The key elements of this methodology are vital to a comprehensive understanding of the potential risks and vulnerabilities inherent in complex systems. This article examines the key components of a System Safety Approach and highlights how important they are in raising overall safety standards.

1. **Risk Assessment and Analysis:** The system safety approach requires a comprehensive threat assessment, considering given and implicit pitfalls associated with the system. This includes relating hazards, assaying their probability and consequences, and prioritizing mitigation strategies.
2. **Interdisciplinary Collaboration:** Effective perpetration of the system safety approach requires collaboration among different disciplines. Engineers, designers, safety experts, and other stakeholders must work inclusively to integrate safety considerations into every phase of the system's life cycle.
3. **Continuous Monitoring and Improvement:** Safety is an evolving aspect of any system. The system safety approach emphasizes the significance of nonstop monitoring, feedback circles, and iterative advancements. This ensures that safety measures stay current and effective in the face of changing conditions and arising pitfalls.
4. **Human Factors Integration:** Recognizing the part of human factors in system safety is consummate. From stoner interfaces to functional procedures, the system safety approach considers mortal rudiments to minimize the eventuality for error and improve overall safety.

Also, according to FAA, SMS (Safety Management System) is composed of four functional components: [4]

1. Safety Policy
2. Safety Risk Management
3. Safety Assurance
4. Safety Promotion

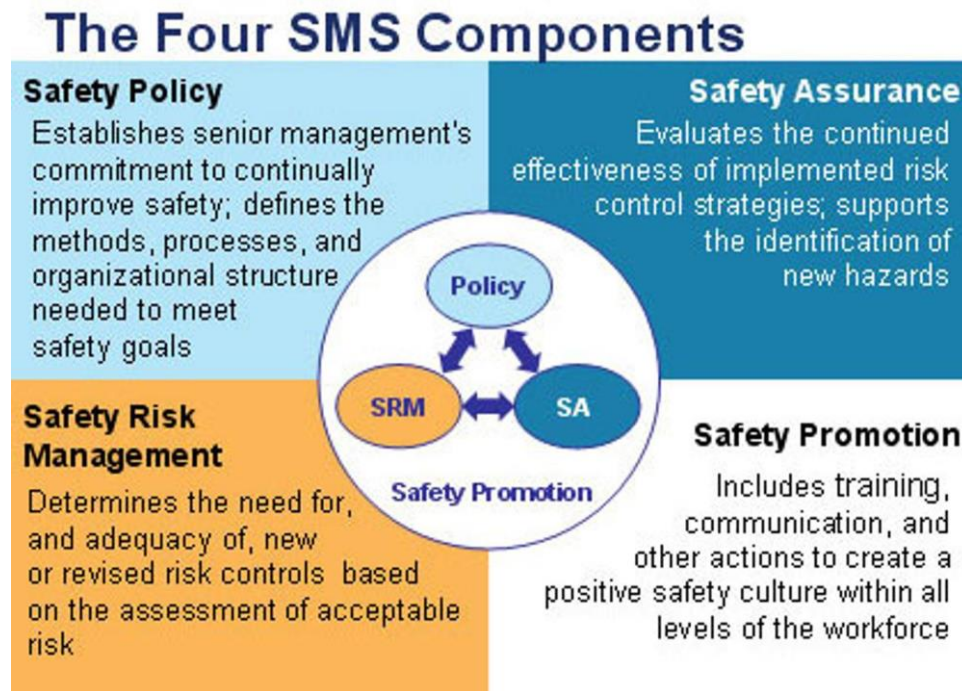


**Figure 2 The Four SMS Functional Components**

#### 2.4. Key Components of a System Safety Approach

Adopting a system safety approach offers several crucial benefits, including visionary threat operation, optimized resource allocation, bettered decision- making, and enhanced public trust, all of which contribute to the overall safety and effectiveness of complex systems.

1. **Proactive Risk Management:** By considering the entire system, associations can proactively identify and address implicit pitfalls before they lead to accidents or failures, fostering a culture of prevention rather than response.
2. **Optimized Resource Allocation:** The system safety approach enables associations to allocate coffers more efficiently by targeting safety measures where they're most demanded. This optimization enhances the cost- effectiveness of safety strategies.
3. **Improved Decision-Making:** Comprehensive threat assessments and analyses empower decision makers with a deeper understanding of the system's safety landscape. Informed opinions lead to bettered overall system safety and adaptability.
4. **Enhanced Public Trust:** Industries adopting a system safety approach demonstrate commitment to comprehensive safety measures. This commitment builds public trust, as stakeholders can be confident in the association's fidelity to minimize pitfalls and icing the well- being of druggies and the community

### 3. METHODOLOGY OF DEFINED SYSTEM SAFETY APPROACH

This study employed a combination of analytical tools to conduct the Fault Tree Analysis (FTA), with Windchill Quality Solutions being one of the primary platforms utilized. Windchill was selected for its advanced capabilities in modeling and analyzing complex systems, particularly in constructing and evaluating fault trees at both the equipment and

subcomponent levels. Its robust features allowed for the efficient development of fault trees, enabling a detailed comparison of failure modes across different levels of system abstraction.

### 3.1. Equipment-Level Analysis

In Fault Tree Analysis (FTA), the analysis at the equipment level aims to evaluate the main equipment or system components as a whole, considering them as units at the higher level without going into the finer details of their sub-components. The approach mentioned focuses on understanding the primary functions of the equipment and their typical failure modes. This simplifies the fault tree and increases its level of interpretability. The advantages of this method include simplicity and clarity; the analysis becomes more accessible and easier to understand for stakeholders who are not familiar with the subject. It also speeds up the analysis process and saves labor by skipping the complex details of failures at the sub-component level. This makes it a suitable option for preliminary assessments or situations where rapid decision-making is required. However, this level of analysis may overlook critical interactions and system dependencies between sub-components, which may lead to underestimation of risks and the neglect of important failure situations. Therefore, although the equipment level analysis provides a simple and cost-effective approach to risk identification, it may not capture the full picture required for comprehensive system assessments in more complex scenarios.

### 3.2. Subcomponent-Level Analysis

In Fault Tree Analysis (FTA), subcomponent-level analysis provides a more detailed look at potential failure modes by examining individual parts and elements within larger system components. This approach provides a broader perspective than equipment-level analysis, meticulously examining the impact of each subcomponent on the overall reliability and safety of the system. This detailed type of analysis reveals hidden points and complex interactions of systems that may be overlooked in higher-level assessments. The greatest advantage of subcomponent-level analysis is that it allows for more accurate identification of potential failure points, especially in complex systems, where even small problems that would normally go unnoticed can turn into major problems. This level of detail makes risk reduction strategies more effective, allowing specific preventive and corrective actions to be implemented for the subcomponents at risk. However, the biggest disadvantage of this level of analysis is that it significantly increases the complexity and time-consuming nature of the analysis, making it difficult for a person with limited knowledge to create, interpret, and manage the fault tree. Additionally, the resources required for this detailed analysis are greater, which can be a challenge for projects with limited budgets or schedules. Despite these challenges, analysis at the subcomponent level is invaluable in scenarios where understanding the detailed interactions within a system is critical to ensuring its safety and reliability.

### 3.3. Synthesis of Previous Research

This study stands out as one of the first to examine how Fault Tree Analysis (FTA) is applied at different levels of detail in flight control systems. In the literature, there is no comprehensive study comparing FTA analyses conducted at both the equipment and subcomponent levels for the same system. Studies by Yiping et al. [5], Chung and Hanks [6], and Kornecki and Liu [7] provide significant support for the central argument of this thesis,



which investigates the impact of the level of detail in Fault Tree Analysis (FTA) on flight safety in complex systems, particularly focusing on Fly-by-Wire (FBW) flight control systems. Yiping et al.'s introduction of Dynamic Fault Tree Analysis (DFTA) highlights the limitations of traditional FTA when applied to dynamic systems such as FBW, where time-dependent behaviors and redundancy mechanisms play a significant role [5]. Their work suggests that subcomponent-level analysis is necessary to capture the nuanced interactions between system components, which are often overlooked at higher levels of abstraction. This aligns with the thesis's investigation of how deeper levels of detail in FTA can improve the accuracy of fault analysis in complex aviation systems.

Chung and Hanks [6] further demonstrate the importance of granular analysis by applying FTA to assess redundancy architectures in FBW systems. Their findings show that detailed component-level fault trees are crucial for identifying failure modes that may be overlooked in equipment-level analyses, especially in safety-critical systems. The study demonstrates that detailed FTA provides a more accurate understanding of system reliability, especially when assessing different redundancy configurations such as duplex and triplex systems. This is directly relevant to the thesis' examination of whether subcomponent-level FTA provides a more comprehensive assessment of failure mechanisms in FBW systems compared to higher-level analyses where underlying risks may remain hidden.

Additionally, Kornecki and Liu's research [7] extends the application of FTA to aviation software and communication systems, highlighting the increasing complexity of modern digital flight control systems. Their study highlights the need for detailed fault tree modeling to assess the risks associated with software and communication failures that are increasingly intertwined with hardware in integrated flight control systems. This directly complements the thesis argument that subcomponent-level analysis is critical not only for hardware components but also for identifying vulnerabilities in the software and communication layers of FBW systems.

Taken together, these studies strongly support the thesis claim that the level of detail in FTA has a profound impact on the accuracy and effectiveness of safety assessments in complex aviation systems. Subcomponent-level analysis allows for a more comprehensive examination of failure mechanisms and interdependencies, especially in systems with dynamic behaviors and integrated hardware-software interactions, such as FBW flight control systems.

#### **4. PROBLEM DEFINITION**

The fundamental problem is to determine the optimal level of detail in FTA (Fault Tree Analysis) that balances the need for precision with practical constraints such as time, resources, and clarity. Insufficient detail can lead to negligence and inadequate risk reduction, while excessive detail can lead to what is known as "analysis paralysis," where excessive amounts of data and complexity overwhelm decision makers and lead to inefficiency. The challenge is to determine under what conditions each approach should be applied and to figure out how to adapt the FTA process to the specific needs of the aviation system being analyzed. The goal of this research is to systematically evaluate the trade-offs between equipment-level and subcomponent-level analysis in FTA and to provide guidelines to help aviation safety engineers select the most appropriate level of detail for their context. The research aims to provide a

methodology to optimize levels in FTA applications by understanding the advantages and disadvantages of each approach, thus ensuring that safety assessments are both comprehensive and simple to implement. The goal is to improve the reliability and safety of aviation systems.

The fundamental problem of Fault Tree Analysis (FTA) for aviation systems is to determine the optimum level of detail that effectively balances the need for level of detail with time, human resources, and clarity constraints. Choosing the right level of detail in FTA is crucial because it directly affects the quality and usability of the analysis.

On the other hand, insufficient detail, such as focusing only on the equipment level in FTA, can lead to overlooking critical failure modes that occur in subcomponents and are relevant to flight. For example, in a fly-by-wire (FBW) flight control system, an analysis performed at the equipment level may identify the flight control computer as a point of failure in system level. However, if the analysis is left at this level, certain problems that may occur in subcomponents within the equipment, such as signal processing circuits or software algorithms that process sensor data, may be overlooked. Failures in these subcomponents can be catastrophic, leading to major system-wide problems that seriously compromise flight safety. Therefore, insufficient detail in the analysis may prevent the real vulnerabilities from being adequately identified, and risk mitigation strategies may fail to address these vulnerabilities, which may compromise flight safety. Another perspective is that excessive detail (e.g., examining every possible failure mode for every subcomponent in the FBW system) can lead to what is known as overengineering. In this case, the fault tree becomes so detailed and complex that engineers and decision makers (authority, CVE, etc.) become overwhelmed, making it difficult to identify and prioritize the most critical risks that may occur. For example, analyzing in detail the possible failures of every sensor, flight control algorithm, and interface component in the FBW system can be complex and make the overall risk picture difficult to understand. Such complexity makes it difficult to identify the biggest threats to the safety of the system. At the same time, conducting such a comprehensive analysis can require a significant amount of time and manpower. This may not be feasible in environments where rapid decision-making is critical. For these reasons, it is important to determine under what circumstances both approaches (equipment level and subcomponent level) should be applied and to evolve the FTA process according to the needs of the aviation system being analyzed. For example, when rapid decision-making is important in the design phase of a new aircraft, an equipment-level analysis may be more appropriate to provide a general view of potential risks. Conversely, when the system is complex or when it is known that past events have tended to cause failures at the subcomponent level, a more detailed subcomponent-level analysis may be required.

## **5. HYPOTHESIS AND RESEARCH OBJECTIVES**

This section presents the hypotheses guiding the research and the objectives aimed at systematically exploring the impact of detail level in Fault Tree Analysis (FTA) on the effectiveness and efficiency of risk assessment in aerospace systems.

### **5.1. Research Objectives**



The objective of this research is to systematically evaluate the trade-offs between equipment-level and subcomponent level analysis in FTA, with a particular focus on developing guidelines that assist aerospace safety engineers in selecting the most appropriate level of detail for their specific context. To achieve this, the research will involve a series of case studies and simulations that explore different aerospace systems—such as avionics, propulsion, and control systems—and analyze how varying the level of detail in FTA impacts the identification and mitigation of risks.

For example, one part of the research might involve applying both equipment-level and subcomponent level FTA to an aircraft's flight control system to compare how each approach affects the detection of potential failures. The study would assess the time required for each analysis, the clarity of the fault trees produced, and the effectiveness of the resulting risk mitigation strategies. Additionally, the research could explore how these different levels of detail impact decision-making processes, such as whether engineers are more likely to overlook critical risks in a high-level analysis or become bogged down by unnecessary details in a highly granular analysis. By understanding the advantages and limitations of each approach, the research aims to provide a robust framework for optimizing FTA practices in the aerospace industry. This framework would help engineers balance the need for thoroughness with the practicalities of time and resource constraints, ensuring that safety assessments are both comprehensive and actionable. Ultimately, this will contribute to enhancing the reliability and safety of aerospace systems, reducing the likelihood of failures that could compromise aircraft operations and passenger safety.

## 5.2. Hypothesis

The hypotheses determined in response to the propositions stated in the problem statement title are as follows:

1. The level of detail in Fault Tree Analysis (FTA) significantly impacts the accuracy of risk identification in aerospace systems.
2. Subcomponent-level FTA is more effective at identifying critical failure modes that could lead to catastrophic system failures in complex aerospace systems than equipment-level FTA.
3. The increased time and resource requirements for subcomponent-level FTA are justified by the higher precision and reliability of the analysis outcomes in complex aerospace systems.
4. Equipment-level FTA provides a more practical approach for preliminary risk assessments in aerospace systems, particularly in the early stages of design or when time constraints are critical.
5. The clarity and manageability of fault trees decrease as the level of detail in FTA increases, leading to potential difficulties in decision-making processes.

In future studies of this study, the accuracy of these hypotheses will be tested.

## 6. CASE STUDY: FAULT TREE ANALYSIS (FTA) FOR AN AIRCRAFT'S FLIGHT CONTROL SYSTEM

To illustrate the application of both equipment-level and subcomponent-level FTA, consider an aircraft's flight control system, specifically the elevator control function, which is responsible for managing the pitch of the aircraft by controlling the elevator surfaces on the tail.

Scenario: Horizontal Tail Surface Failure, the failure mode under investigation is the inability to move the elevator surfaces, which could lead to loss of control over the aircraft's pitch.

### 6.1. Equipment-Level FTA

At the equipment level, the fault tree would focus on the main systems responsible for the elevator control, identifying higher-level components that could cause the failure. The following information are taken from the NPRD-2016 document [8].

Top Event: Elevator surface does not move.

**Table 1 Equipment Level FTA Failure Conditions**

| No | Failure                         | NPRD-2016    | Probability (fpmh) |
|----|---------------------------------|--------------|--------------------|
| 1  | Flight control computer failure | NPRD-1033314 | 4,0870             |
| 2  | Actuator failure                | NPRD-1000864 | 12,580             |
| 3  | Hydraulic system failure        | NPRD-1110534 | 16,349             |
| 4  | Power supply failure            | NPRD-1142748 | 12,430             |
| 5  | Sensor input failure            | NPRD-1157903 | 1,2460             |

In this analysis, the fault tree provides a broad view of the major components that could lead to an elevator control failure. It is quick to develop and useful for initial risk assessments or during early stages of the design process, where detailed subsystem information may not be available. Figure 3 provides an overview of the high-level analysis conducted in this study. Fault Tree is drawn by PTC Windchill Quality Solutions 11 software tool.

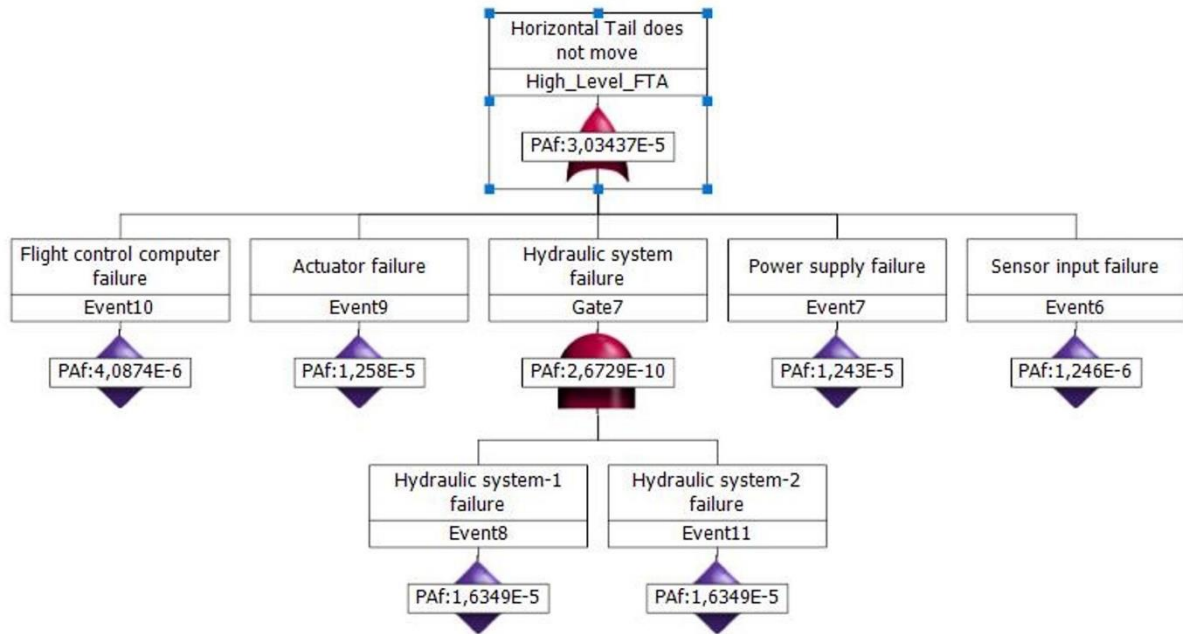


**Figure 3 Equipment Level FTA**

## 6.2. Subcomponent-Level FTA

At the subcomponent level, the fault tree dives deeper into the individual components of the actuator system, which is a critical subsystem for controlling the elevator surface. The following information is taken from the NPRD-2016 document [8].

Top Event: Elevator surface does not move.

**Table 2 Subcomponent Level FTA Failure Conditions**

| No  | Failure                         | NPRD-2016    | Probability (fpmh) |
|-----|---------------------------------|--------------|--------------------|
| 1   | Flight control computer failure |              |                    |
| 1.1 | Processor failure               | NPRD-1143659 | 0,374              |
| 1.2 | Memory failure                  | NPRD-1123880 | 2,306              |
| 1.3 | Power supply unit failure       | NPRD-1142933 | 0,658              |
| 1.4 | I/O interface failure           | NPRD-1110609 | 25,372             |
| 2   | Actuator failure                |              |                    |
| 2.1 | Motor winding short circuit     | NPRD-1199430 | 2,043              |
| 2.2 | Motor control circuit failure   | NPRD-1125364 | 4,087              |
| 2.3 | Mechanical linkage failure      | NPRD-59966   | 9,355              |
| 2.4 | Position sensor failure         | NPRD-1157735 | 35,527             |
| 3   | Hydraulic system failure        |              |                    |
| 3.1 | Hydraulic pump failure          | NPRD-71044   | 12,390             |

|     |                                |              |        |
|-----|--------------------------------|--------------|--------|
| 3.2 | Hydraulic fluid leakage        | NPRD-1095281 | 1,403  |
| 3.3 | Hydraulic line rupture         | NPRD-1120372 | 12,594 |
| 3.4 | Valve malfunction              | NPRD-93531   | 24,590 |
| 3.5 | Pressure sensor failure        | NPRD-1157749 | 4,258  |
| 4   | Power supply failure           |              |        |
| 4.1 | Transformer failure            | NPRD-90491   | 5,472  |
| 4.2 | Voltage regulator failure      | NPRD-1149010 | 3,740  |
| 4.3 | Battery depletion              | NPRD-1010344 | 6,238  |
| 5   | Sensor input failure           |              |        |
| 5.1 | Signal loss of CAS sensor      | NPRD-1157509 | 3,3203 |
| 5.2 | Signal processing unit failure | NPRD-1161968 | 6,267  |

In this more granular analysis, specific components like the actuator motor and mechanical linkages are examined in detail. This approach provides greater insight into the specific causes of actuator failure, helping engineers identify more precise mitigation strategies, such as inspecting rod end bearings for wear or preventing debris from entering the mechanical linkage. By integrating these findings into a comprehensive framework for FTA practices, aerospace engineers can ensure that their safety assessments are both effective and efficient, ultimately contributing to the enhanced reliability and safety of aircraft systems. Figure 4 provides an overview of the low-level analysis conducted in this study. Fault Tree is drawn by PTC Windchill Quality Solutions 11 software tool.

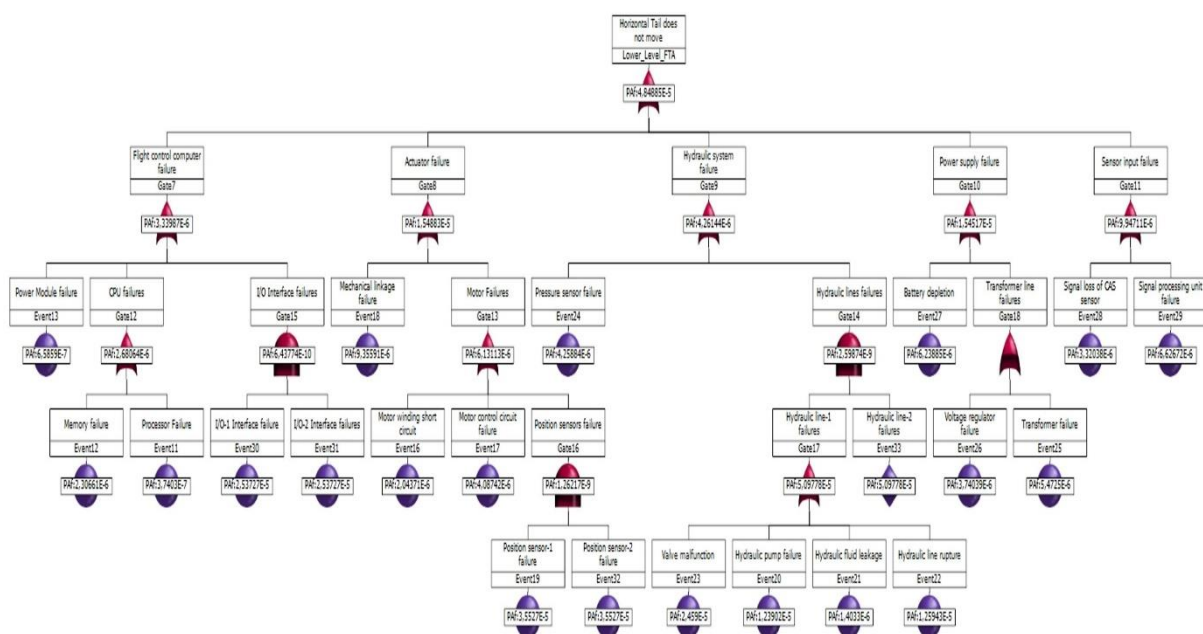


Figure 4 Subcomponent Level FTA

## 7. FUTURE WORKS

In the next phase of this research, a more comprehensive and detailed system analysis will be conducted as part of the thesis work. Specifically, fault trees will be developed for the same failure mode at two distinct levels of detail: the equipment level and the subcomponent level. This approach will enable a rigorous comparison of how each level of detail influences the accuracy, comprehensibility, and effectiveness of the risk assessment. By applying these methods to a critical aerospace system, the study aims to empirically validate the research hypotheses. The final outcomes of the defined hypotheses will be presented comprehensively in the thesis, providing substantiated recommendations for optimizing FTA practices in complex, safety-critical environments.

## 8. CONCLUSION

This research investigates the impact of the level of detail in Fault Tree Analysis (FTA) on the effectiveness of risk assessments in aerospace systems, particularly focusing on the trade-offs between equipment-level and subcomponent-level analyses. Equipment-level analysis provides a fast and practical approach, particularly in the early design phases or when time and resource constraints are critical. It allows for rapid risk assessments, giving decision-makers a broad overview of potential failure points in complex systems.

Our findings show that while equipment-level analysis is more practical and faster, subcomponent-level analysis offers deeper insights into critical failure modes that may not be detected at higher levels. This is because equipment-level analysis focuses on major systems and components as whole units, allowing a broader overview but often overlooking the complex relationships and dependencies between subcomponents. In complex aerospace systems, these smaller components can play critical roles in the behavior and failure paths of the overall system. By analyzing only at the equipment level, specific failure modes that occur within or between subcomponents, such as communication problems between sensors and control systems or degradation in actuators, may not be adequately captured, leading to an incomplete risk assessment. Although subcomponent-level analysis is more resource intensive and time consuming, it enables the identification of specific vulnerabilities, such as those found in sensor systems, actuators and flight control software. This is because subcomponent-level analysis breaks down each system into its individual parts, enabling a more detailed examination of potential failure points. For example, instead of analyzing an actuator as a single unit, subcomponent-level analysis breaks it down into its mechanical and electrical parts, such as the motor winding, control circuits or feedback sensors. Each of these subcomponents can fail in ways that would not be apparent in a higher-level analysis but can have a significant impact on overall system performance and safety. By addressing these more subtle interactions, subcomponent-level analysis plays an important role in improving flight safety as it provides a clearer understanding of the specific causes of system failures. Equipment-level analysis is particularly advantageous in the early stages of design or in scenarios where rapid decision-making is critical. Due to their less detailed nature, they can be completed faster and with fewer resources, making them ideal for projects with tight time and budget constraints. At these early stages, it is often more important to gain a general understanding of the major risks of the system, rather than focusing on detailed failure modes. This broad approach allows for faster

iterations in the design process, where significant changes can be made without devoting too many resources to extensive risk assessments. However, this simplicity comes at a cost: lack of detailed analysis can mean that important system interactions are not fully explored, such as the failure of one component affecting the operation of others. This approach risks overlooking critical system interactions that can affect the overall reliability and safety of the system, especially as the design progresses and becomes more complex.

As a result, while equipment-level analyses provide a practical and cost-effective solution, they should be chosen carefully depending on the complexity and requirements of the system. In more complex systems, where deeper analysis is necessary, subcomponent-level analysis should be preferred. Future studies should explore how these two approaches can be combined optimally to balance practicality with thoroughness. In future work, fault trees will be developed at both levels of detail for the same failure mode in a flight control system, allowing for a comprehensive comparison and providing empirical evidence to validate the research hypotheses. The final conclusions and recommendations will contribute valuable insights toward optimizing FTA practices for enhanced safety and reliability in aerospace systems.

## CONFLICT OF INTEREST

The author has no conflict of interest.

## REFERENCES

- [1] Lewis, C. L., & Haug, H. (2009). *The System Safety Handbook*. Available at: <https://www.ukfsc.co.uk/files/SMS20Material/>
- [2] Dezfuli, H., Benjamin, A., Everett, C., Smith, C., Stamatelatos, M., & Youngblood, R. (2011). *NASA System Safety Handbook, Volume 1: System Safety Framework and Concepts for Implementation*. Available at: <https://doi.org/10.13140/RG.2.1.1467.3367>
- [3] SAE International. (1996). *Guidelines and methods for conducting the safety assessment process on civil airborne systems and equipment (ARP 4761)*. Available at: <https://www.sae.org/standards/content/arp4761/>
- [4] Federal Aviation Administration (FAA). (2021). Safety Management System. Available at: <https://www.faa.gov/about/initiatives/sms> (Accessed: 16.11.2024).
- [5] Yao Yiping, Yang Xiaojun and Li Peiqiong, "Dynamic fault tree analysis for digital fly-by-wire flight control system," 15th DASC. AIAA/IEEE Digital Avionics Systems Conference, Atlanta, GA, USA, 1996, pp. 479-484, doi: [10.1109/DASC.1996.559203](https://doi.org/10.1109/DASC.1996.559203)
- [6] Chung and J. S. Hanks, "Fault tree analyses as a tool for flight control system architecture design," 2016 Annual Reliability and Maintainability Symposium (RAMS), Tucson, AZ, USA, 2016, pp. 1-6, doi: [10.1109/RAMS.2016.7447963](https://doi.org/10.1109/RAMS.2016.7447963)
- [7] Kornecki, Andrew & Liu, Mingye. (2013). Fault Tree Analysis for Safety/Security Verification in Aviation Software. *Electronics*. 2. 41-56. [10.3390/electronics2010041](https://doi.org/10.3390/electronics2010041).

- [8] Reliability Information Analysis Center (RIAC). (2016). *Nonelectronic parts reliability data (NPRD-2016)*. Quanterion Solutions Incorporated.
- [9] Roland, H. E., & Moriarty, B. (1990). *System safety engineering and management (2nd ed.)*. Wiley-Interscience. Available at: <https://doi.org/10.1002/9780470172438>
- [10] United States Department of Defense. (2012). *System safety program requirements (MIL-STD-882) (Rev. G)*. Available at: [https://quicksearch.dla.mil/qsDocDetails.aspx?ident\\_number=36082](https://quicksearch.dla.mil/qsDocDetails.aspx?ident_number=36082)
- [11] Leveson, N. G. (1995). *Safeware: System safety and computers*. Available at: <https://doi.org/10.1145/202709>



## SANDVIÇ KOMPOZİTLERİN YAŞLANDIRILMASI SONUCU MEKANİK ÖZELLİKLERİNDEKİ DEĞİŞİMİN İNCELENMESİ

**Batuhan YILDIRIM**

Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Mühendisliği Bölümü İzmir/Buca,  
yildirimbaturhan@outlook.com.tr - 0009-0007-8876-9621

**Mustafa Mert KURDİŞ**

Dokuz Eylül Üniversitesi Makine Mühendisliği Bölümü Mühendislik Fakültesi İzmir/Buca,  
mustafamertkurdis@gmail.com - 0000-0002-9506-6963

**Okan ÖZDEMİR**

Dokuz Eylül Üniversitesi Makine Mühendisliği Bölümü Mühendislik Fakültesi İzmir/Buca,  
ozdemir.okan@deu.edu.tr - 0000-0003-4055-6874

### ÖZET

Sandviç kompozitler, iki levha plakanın ön yüzey ve arka yüzey olmak üzere bir çekirdeğe bağlanmasıyla üretilen özel bir kompozit çeşitidir. Bu çalışmada, Balsa çekirdekli sandviç kompozitlerin sıcak pres yöntemiyle üretimi gerçekleştirilip asit ve deniz suyu ile yaşlandırılarak mekanik değişimleri incelenmiştir. Sandviç kompozit plakaların üretimi için çekirdek malzemesi olarak Balsa tercih edilmiştir. Balsa malzemesi, darbeye karşı yüksek dayanım, enerji sönmemesi ve üstün mekanik özelliklerinden dolayı denizcilik sektöründe gemi yapılarında, yenilenebilir enerji alanında rüzgar türbinlerinin üretiminde ve tasarımında yaygın olarak kullanılmaktadır. Balsa çekirdeğinin sandviç kompozit haline getirilmesi için ön ve arka yüzeylerde sürekli fiber takviyeli polipropilen termoplastik malzemesi kullanılmıştır. Balsa çekirdekli sandviç kompozitlerin üretimi sürekli termoplastik polipropilen levhaların ön ve arka yüzeyine gelecek şekilde konumlandırılarak sıcak pres yöntemiyle gerçekleştirilmiştir. Daha sonra üretilen numuneler 100x100 mm boyutlarında kesilip, hazırlanan asit ve deniz suyunda yaşlandırılmaya maruz bırakılmıştır. Yaşlandırılmaya maruz bırakılmamış Balsa sandviç kompozitleri, deniz suyu ve asit ile yaşlandırılmış balsa sandviç kompozitlerine yarı delme statik testleri gerçekleştirilmiş ve yaşlandırılmaya maruz kalmış Balsa kompozitler ile yaşlandırılmamış Balsa sandviç kompozitlerin aralarındaki değişimler deneysel olarak incelenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Balsa, Sandviç Kompozit, Yaşlandırma Etkisi, Yarı Statik Delme Testi, Deniz Suyu, Asit, Termoplastik

## 1. GİRİŞ

Günümüzde düşük ağırlığa sahip malzemeler ekonomik ve çevre dostu olmalarıyla birlikte birçok mühendislik uygulamasında kullanılmaktadır. Bu malzemelerinin kullanımı hem karbon emisyonunu azaltmak amacıyla hem de çevre dostu olma özellikleri dolayısıyla son zamanlarda artmıştır [1]. Kompozit malzemeler, makroskopik düzeyde üretilmiş birbiri içinde çözünmeyen iki veya daha fazla bileşenden meydana gelen yapılardır [2]. Kompozit malzemelerin kullanımının ve popülaritesinin artmasının nedeni, hafiflik ve korozyon direnci özelliklerinin güçlü olmasıyla birlikte sertlik ve tokluk gibi özelliklere de sahip olabilmesidir. Kompozit malzemeler insan eliyle üretilmesinin yanında doğada kendiliğinden de meydana gelebilmektedir. Bu doğada kendiliğinden meydana gelen doğal kompozitlere odun ve kemik gibi örnekler verilebilir [3]. Kompozit malzemelerin üretim amacı iki ayrı özgün özelliğe sahip iki malzemenin bir araya getirildiğinde daha gelişmiş özellikler sunabilmesidir.

Sandviç kompozitler, iki levha plakanın ön yüzey ve arka yüzey olmak üzere bir çekirdeğe bağlanmasıyla üretilen bir kompozit çeşididir. Sandviç kompozitler, geleneksel malzemelere göre daha yüksek sertlik ve mukavemet göstermektedirler. Ayrıca daha düşük maliyetle daha yüksek enerji absorbe özelliği elde edilebilmektedir [1]. Sandviç kompozitler genellikle fiber yapılı polimer yüzey kaplamaları ve petek şeklindeki malzemelerin çekirdek malzemesi olarak kullanılmasıyla üretilirler. Bunlara örnek olarak polimer köpükler ya da doğal malzeme olarak mantar veya balsa örnek verilebilir [4]. Sandviç kompozitlerde eğilme kuvvetini ve düzlem içi yükleri yüzey tabakaları taşıırken, enine kesme kuvvetlerini hafif ağırlıklı çekirdek malzemeleri taşımaktadır [5].

Balsa malzemesi (*Ochroma pyramidale*), sandviç kompozitlerde çekirdek malzemesi olarak en yaygın kullanılan malzemelerden bir tanesidir. Bunun nedeni sahip oldukları yüksek dayanım/ağırlık oranıdır [6]. Balsa malzemesi darbeye karşı yüksek dayanımı, enerji sönümlemesi ve üstün mekanik özelliklerinden dolayı denizcilik sektöründe gemi yapılarında, yenilenebilir enerji alanında, rüzgar türbinlerinin üretiminde ve tasarımında yaygın olarak kullanılmaktadır [7]. Ayrıca düşük yoğunluğu sayesinde endüstrideki en hafif ticari odunlardan biri olarak da bilinmektedir. Balsanın yoğunluğu genel olarak 100 ile 250 kg/m<sup>3</sup> arasında değişmektedir. Bu özellikleri nedeniyle Balsa malzemesi hafif yapısına rağmen gösterdiği yüksek mekanik özellikleriyle umut vadeden bir aday olarak görülmektedir [8].

Bu çalışmada, Balsa çekirdek malzemeli sandviç kompozitlerin asidik ve deniz suyundaki yaşlandırılması sonucu mekanik özelliklerindeki değişim yarı statik delme kesme testleri yapılarak incelenmiştir.

## 2. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

### 2.1 Malzemeler

Balsa malzemesi (BALTEK SB 100) Enercon firmasından çalışma kapsamında hibe olarak temin edilmiştir. Kullanılan Balsa malzemesinin yoğunluğu  $148 \text{ kg/m}^3$ 'tür. Kalınlıkları 25,4 ve 15,9 mm olan iki ayrı çekirdek malzemesi kullanılmıştır. Çekirdek malzemeleri üretimden önce  $1200 \times 600 \text{ mm}$  boyutundadır. Sandviç kompozit üretiminde alt ve üst tabaka olarak sürekli cam fiber takviyeli polipropilen termoplastik malzemesi kullanılmıştır. Yaşlandırma için kullanılacak asit solüsyonu %5 (v/v) oranında Hidroklorik asit ve damıtılmış su kullanılarak hazırlanmıştır. Yaşlandırmada kullanılmış bir diğer malzeme ise deniz suyudur. Deniz suyu ağustos ayında Çeşme/İzmir Boyalık Plajından temin edilmiştir.

## 2.2 Sandviç Kompozitlerin Üretimi

Sıcak preste üretilen sandviç kompozitler için Fontijne markasının LabEcon60 modeli kullanılmıştır. İlk olarak, Balsa malzemesi  $1200 \times 600 \text{ mm}$  boyutlarından,  $400 \times 400 \text{ mm}$  ölçülerine kesilmiştir. Sandviç kompozit üretimi için, alt ve üst yüzeylere  $[0^\circ/90^\circ/\text{Balsa}/90^\circ/0^\circ]$  olacak şekilde ikişer kat polipropilen termoplastik levha yerleştirilmiştir. Bu katmanlar kağıt bant ile sabitlendikten sonra alt ve üst yüzeye teflon kumaş yerleştirilip preste üretime hazır hale getirilmiştir. Üretim iki ayrı aşamadan oluşmaktadır. Malzeme sabit  $62,5 \text{ MPA}$ 'lık basınç altında önce  $180^\circ\text{C}$  sıcaklıkta 60 dakika boyunca ısıtılma aşamasına tabii tutulup sonrasında sıcaklık  $20^\circ\text{C}$ 'ye düşürülüp 300 dakika boyunca malzemenin soğuması sağlanmıştır. İşlem sonucunda elde edilen numuneler  $100 \times 100 \text{ mm}$  olacak şekilde döner testere yardımıyla kesilip yaşlandırılma aşamasına hazır hale getirilmiştir. Sandviç kompozit numuneler deniz suyunda ve hazırlanan asit solüsyonunda yaşlandırılmıştır. Yaşlandırılma süresi 14 gün olarak belirlenmiştir. Test numuneleri Y\_15 (Yaşlandırılmamış 15 mm'lik sandviç kompozit numune), Y\_25 (Yaşlandırılmamış 25 mm'lik sandviç kompozit numune), DS\_15\_14 (Deniz suyunda 14 gün yaşlandırılmış 15 mm'lik sandviç kompozit numune), DS\_25\_14 (Deniz suyunda 14 gün yaşlandırılmış 25 mm'lik sandviç kompozit numune), A\_15\_14 (Asit solüsyonunda 14 gün yaşlandırılmış 15 mm'lik sandviç kompozit numune), A\_25\_14 (Asit solüsyonunda 14 gün yaşlandırılmış 25 mm'lik sandviç kompozit numune) olarak adlandırılmıştır. Yaşlandırılan numuneler 24 saat boyunca kurumaya bırakılmış ve bu aşamadan sonra yarı statik delme kesme deneyleri uygulanmıştır.

## 2.3 Yarı Statik Delme Kesme Deneyi

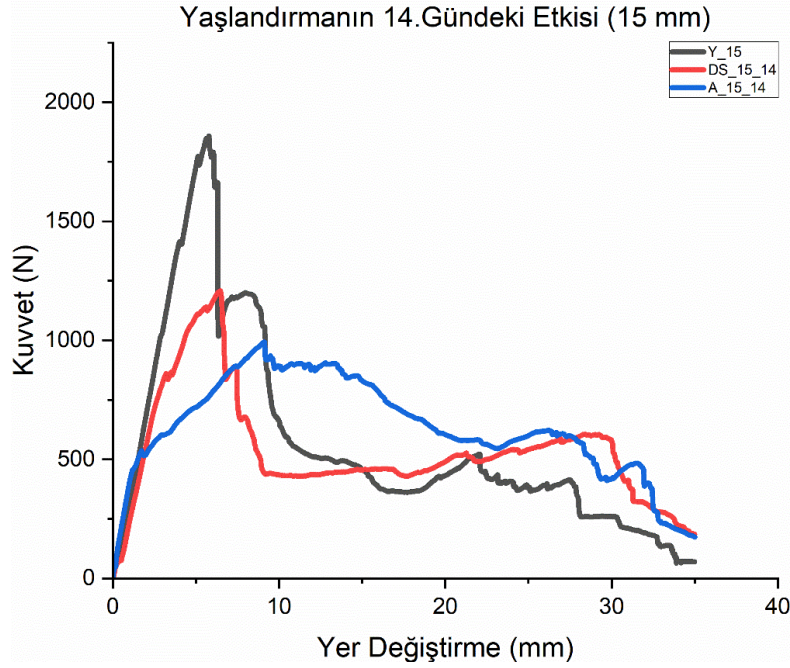
Yarı statik delme kesme deneylerinde Shimadzu markasının AG-X100kN cihazı kullanılmıştır. Deney hızı olarak  $1,25 \text{ mm/dk}$  standart hız kullanılmıştır. Oluşturulan deney düzeneği Görsel 1.'de verilmiştir.



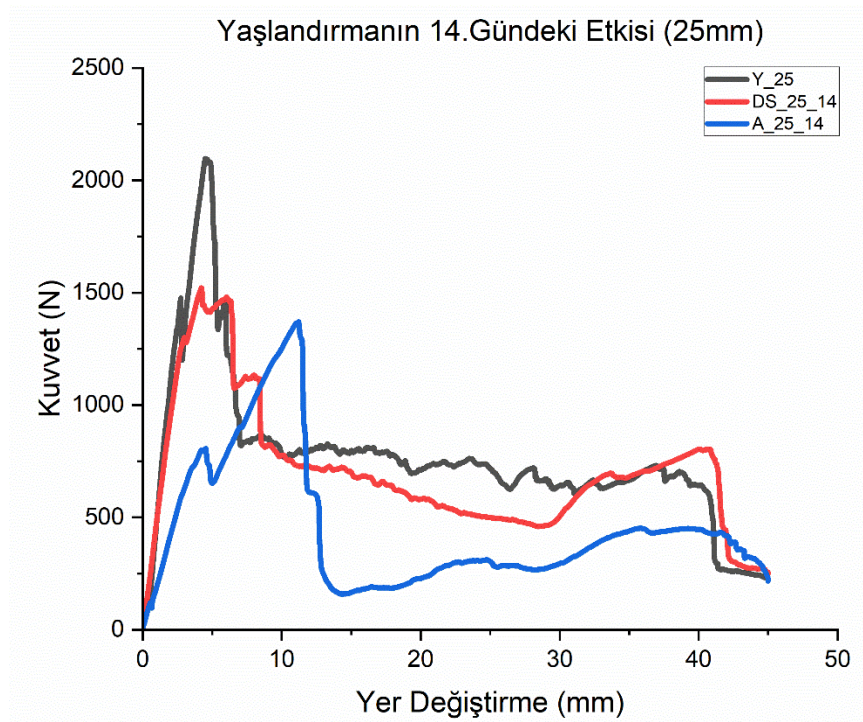
**Görsel 1. Yarı Statik Delme Kesme Deneyi Düzeneği**

### **3. SONUÇLAR VE DEĞERLENDİRME**

Bu çalışmada, alt ve üst yüzeyi polipropilen termoplastik levha ile üretilmiş Balsa çekirdek malzemeli sandviç kompozit malzemenin yaşlanmaya bağlı yarı statik delme kesme deneyindeki davranışları incelenmiştir. Balsa çekirdekli sandviç kompozit numunelerin yarı statik delme kesme deneylerinden elde edilen kuvvet – yer değiştirme eğrileri Görsel 2 ve Görsel 3’te verilmiştir. Kuvvet – yer değiştirme eğrileri incelendiğinde, eğrilerin başta lineer bir form gösterdiği görülmektedir. İlk tepe noktasındaki maksimum kuvvet değeri çekirdek kalınlığının artmasıyla artmaktadır. Örnek olarak 15 mm çekirdek kalınlığına sahip yaşlandırılmamış sandviç kompozit numune için lineer bölgedeki maksimum kuvvet 1857 N iken, bu değer 25 mm çekirdek kalınlığına sahip yaşlandırılmamış sandviç kompozit için 2096 N’dur. Benzer form yaşlandırılmış numuneler içinde geçerlidir. Sandviç kompozit numunelerde, temas kuvveti sandviç yapının üst yüzeyindeki polipropilen tabakasında hasar görülene kadar artmıştır. Bu nokta ilk pik noktasını oluşturmuştur. Daha sonra deneyde kullanılan yarı küresel penetrasyon ucu Balsa çekirdek malzemesinin içinde ilerlemiştir. Bu bölgede temas kuvveti daha düşüktür. Bu bölgedeki kuvvet değeri çekirdek malzemesi tarafından karşılanmaktadır. Temas kuvvet, penetrasyon ucu alt yüzeydeki polipropilen tabakaya temas edene kadar çekirdek bölgesinde yaklaşık olarak yatay bir profil izlemektedir. Kuvvet değeri, penetrasyon ucunun alt yüzeydeki polipropilen tabakaya temas etmesi ile tekrar artmaya başlamış ve alt yüzeyin dayanım gösterebildiği maksimum kuvvet olan ikinci pik noktasına kadar artış devam etmiştir. Penetrasyon ucu sandviç kompozit numunelerin alt yüzeylerini de delip geçtikten sonra görülen tepki kuvveti sadece numuneler ve penetrasyon kafası arasındaki sürtünmeden meydana gelmektedir. Bu sebeple çekirdek kalınlığı 15 mm olan numunelerin testleri 35 mm’ye kadar, çekirdek kalınlığı 25 mm olan numunelerin testleriye 45 mm’ye kadar sürdürülmüştür.



**Görsel 2. 15 mm Çekirdek Malzemeli Sandviç Kompozitlere Yapılan Yarı Statik Delme Kesme Deneyi Sonuçları**



**Görsel 3. 25 mm Çekirdek Malzemeli Sandviç Kompozitlere Yapılan Yarı Statik Delme Kesme Deneyi Sonuçları**

Balsa çekirdek malzemeli sandviç kompozitlerin yarı statik delme kesme deneyleri sonucunda elde edilen grafiklerdeki birinci ve ikinci pik nokta değerleri Çizelge 1’de verilmiştir. Çizelge 1’de verilen değerler incelendiğinde balsa çekirdek malzemeli sandviç kompozitlerin tamamında birinci ve ikinci pik noktasındaki değerlerin düştüğü gözlemlenmiştir. Sandviç



kompozit numuneler yaşlandıkça yüzeyindeki polipropilen tabaka ve çekirdek malzemesi Balsa aşınmıştır. Bu nedenle sandviç kompozitlerin yaşlandırılması sonucu numunelerin mekanik özellikleri olumsuz bir şekilde etkilenmiştir.

**Çizelge 1. Yarı statik delme kesme deneyleri sonucu oluşan birinci ve ikinci pik nokta değerleri**

| Numune İsmi                         | Y_15   | Y_25   | DS_15_14 | DS_25_14 | A_15_14 | A_25_14 |
|-------------------------------------|--------|--------|----------|----------|---------|---------|
| Birinci Pik Noktası (N)             | 1857   | 2096   | 1200     | 1513     | 992     | 1361    |
| İkinci Pik Noktası (N)              | 521    | 730    | 602      | 798      | 620     | 451     |
| İki pik noktası arasındaki fark (%) | -71,96 | -65,15 | -49,83   | -47,26   | -37,5   | -66,86  |

Balsa çekirdek malzemesi yaşlanma sırasında içinde bulunduğu sıvının içine nüfuz etmesiyle birlikte tüm numunelerin ağırlıklarında artış gözlemlenmiştir. Bu artış Çizelge 2’de yüzdesel olarak verilmiştir. En büyük artış A\_25\_14 numunesinde görülmüştür. Asit solüsyonu deniz suyuna göre numunelere daha fazla nüfuz etmiştir. Numunelerden çekirdek malzemesi daha kalın olanların da daha fazla asit solüsyonu emdiği ve yüzdesel artışın da en çok kalın numunelerde olduğu görülmüştür.

**Çizelge 2. Yaşlandırma sonucu oluşan kütle farkı artışının yüzdesel ve kütleli değerleri**

| Numune İsmi | Yaşlandırılmamış Kütle (gr) | 14 Gün Yaşlandırılmış Kütle (gr) | Yüzdesel Artış (%) |
|-------------|-----------------------------|----------------------------------|--------------------|
| Y_15        | 37                          | -                                | -                  |
| Y_25        | 49                          | -                                | -                  |
| DS_15_14    | 37                          | 43                               | 16,22              |
| DS_25_14    | 49                          | 70                               | 42,86              |
| A_15_14     | 37                          | 46                               | 24,32              |
| A_25_14     | 49                          | 73                               | 48,98              |

#### 4. GENEL DEĞERLENDİRME VE SONUÇLAR

Bu çalışmada, iki farklı çekirdek kalınlığına sahip Balsa çekirdek malzemeli kompozit numunelere yarı statik delme kesme deneyleri uygulanmıştır. Balsa çekirdekli sandviç

kompozit malzemelerin yaşlanma öncesi ve sonrası mekanik davranışları deneysel olarak test edilmiştir. Yaşlanma sonrası yapılan deneyler 14. günün sonunda gerçekleştirilmiştir.

Elde edilen sonuçlar sırasıyla özetlendiğinde;

- Yaşlandırılma sonucu sandviç kompozit numunelerin kütlelerinde artış gözlemlenmiştir.
- Aynı yaşlandırma süresine tabi tutulmuş numuneler için; 25 mm çekirdek kalınlığına sahip numuneler ile yapılan testler sonucu elde edilen pik kuvvetleri, 15 mm çekirdek kalınlığına sahip numuneler ile yapılan testler sonucu elde edilen pik kuvvetlerinden daha yüksektir.
- Birinci pik ve ikinci pik noktasındaki maksimum temas kuvvetlerinde yaşlandırılma sonucu düşüş gözlemlenmiştir.
- Yaşlandırılmış Balsa çekirdekli kompozit malzemelerin 14. gün yapılmış yarı statik delme kesme deneyleri sonucunda yaşlandırılmamış numunelere göre ilk pik kuvvetleri 15 mm’de; DS\_15\_14 numunesi için %35, A\_15\_14 numunesi için %46, 25 mm’de ise; DS\_25\_14 numunesi için birinci pik noktasında %27, A\_25\_14 numunesi içinse %35 azalmıştır.
- Elde edilen sonuçlardan görüldüğü üzere, asit solüsyonunun deniz suyundan daha aşındırıcı bir çözelti olduğu sonucuna varılmıştır. Asit solüsyonunda yaşlandırılmış numunelerin mekanik özelliklerinde daha fazla düşüş gözlemlenmiştir.

#### KAYNAKÇA

[1] Dan Zenkert, *An Introduction to Sandwich Analysis*, Stockholm, 1995.

[2] [http://www.kocaelimakine.com/wp-content](http://www.kocaelimakine.com/wp-content/uploads/2018/02/01-kompozit-malzemelere-giris-akin-atas.pdf)

[/uploads/2018/02/01-kompozit-malzemelere-giris-akin-atas.pdf](http://www.kocaelimakine.com/wp-content/uploads/2018/02/01-kompozit-malzemelere-giris-akin-atas.pdf)

[3] Ozdemir, Oztoprak, Kandas, *Single and repeated impact behaviors of bio-sandwich structures consisting of thermoplastic face sheets and different balsa core thicknesses*, Dokuz Eylul University, Dept. Of Mechanical Engineering, Izmir, 2018.

[4] Kandare E, Luangtriratana P, Kandola BK. *Fire reaction properties of flax/epoxy laminates and their balsa-core sandwich composites with or without fire protection*. Compos Part B-Eng. 2014;56:602-10.

[5] Bekisli B, Grenestedt JL. *Experimental evaluation of a balsa sandwich core with improved shear properties*. Compos Sci Technol. 2004;64(5):667-74.

[6] Kepler JA. *Simple stiffness tailoring of balsa sandwich core material*. Compos Sci Technol. 2011;71(1):46-51.

[7] Borrega, Ahvenainen, Serimaa, Gibson, *Composition and structure of balsa wood*, Wood Sci Technol, 2015.

[8] Borrega M, Gibson LJ. *Mechanics of balsa (Ochroma pyramidale) wood*. Mech Mater. 2015;84:75-90.



## USABILITY OF ALLUVIAL MATERIALS IN ABOVE GROUND WATER STORAGE STRUCTURES: THE EXAMPLE OF KARASU STREAM (ERZURUM-TÜRKİYE)

**Master Geological Engineer. Adem VARLI<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>DSI 14th Regional Directorate, İstanbul, Turkey  
[admvarlii@gmail.com](mailto:admvarlii@gmail.com). ORCID ID: 0000-0001-7619-7311

**Assoc. Prof. Dr. Necmi YARBAŞI<sup>2</sup>**

<sup>2</sup>Atatürk University, Erzurum, Turkey  
[nyarbasi@atauni.edu.tr](mailto:nyarbasi@atauni.edu.tr). ORCID ID: 0000-0003-4259-1278

### ABSTRACT

For the planning and design of surface water storage engineering structures, first of all, the topographic conditions, hydrogeological features and geotechnical features of lithological units such as rocks and soil of the area to be examined should be determined. As a result of the field and laboratory studies to be carried out, planning and project studies of engineering structures can be carried out.

The type of material to be used in such engineering structures is one of the important factors in determining the type of surface water structures. In order for surface water storage structures such as dams and ponds to be constructed economically, it is of great importance that suitable material areas are investigated in terms of quality and quantity and that they are close to the construction area. When the cost analysis of the planned dam or pond is made, it is seen that the economical accessibility of the material area significantly reduces the total cost. Therefore, while examining the construction areas of such engineering structures, material area research should be carried out simultaneously.

As a result, the geotechnical properties of the alluvial material in the Karasu Stream (Aşkale-Erzurum-Turkey) region, which was selected as a case study area, showed that it could be used as a filter and permeable material in such aboveground water storage structures.

**Keywords:** Erzurum, Aşkale, Karasu Stream, Permeable Material, Geotechnical properties.

### 1. INTRODUCTION

Water is one of the most basic needs of our lives. All people benefit from the existing water to the highest degree. In addition, water structures (dams, ponds, etc.) are built to protect against the damage that water may cause. Water structures such as dams and ponds are the most important water structures that greatly benefit a country's economic, industrial, agricultural, and social development.

Dams and ponds, which provide the best use of our existing water resources, are important water structures whose project construction is decided as a result of long-term studies, realized with large investments, and expected to serve for a long time. In dams or ponds built in different

types (concrete, filling, etc.), the quality and quantity of materials to be used are of great importance in the planning, project, and implementation stages of these structures.

With the rapidly developing technology all over the world, to make our lives easier, engineers are creating aesthetically pleasing and visually appealing structures such as energy, transportation routes, and settlements for the increasing needs of mankind. Large water structures such as dams and ponds can also be built for the needs of mankind, such as both stream control and agricultural irrigation, energy, drinking and use, protection of lands from floods, etc.

When planning and designing water storage structures, it is desired that the materials to be used are of appropriate quality and quantity and are close to the engineering structures to be built. Accordingly, while the locations of the engineering structures are being investigated, material field research should be carried out simultaneously.

Various methods are used during material research. In material fields, with methods such as drilling and geophysics, qualitative and quantitative approximate reserve research and data on underground geology can be obtained. In addition, studies with hand augers, by opening trenches, or by research and observation pits can be carried out. As a result of these studies, horizontal and vertical lithological changes in the underground in the material field and estimated reserve statuses are also revealed.

When working in areas planned to be used as natural building material fields, sampling by sampling techniques is very important in terms of reflecting natural conditions in a laboratory environment. It is important to sample from the research wells to be opened by sampling techniques from levels that differ observationally in terms of representing the study area.

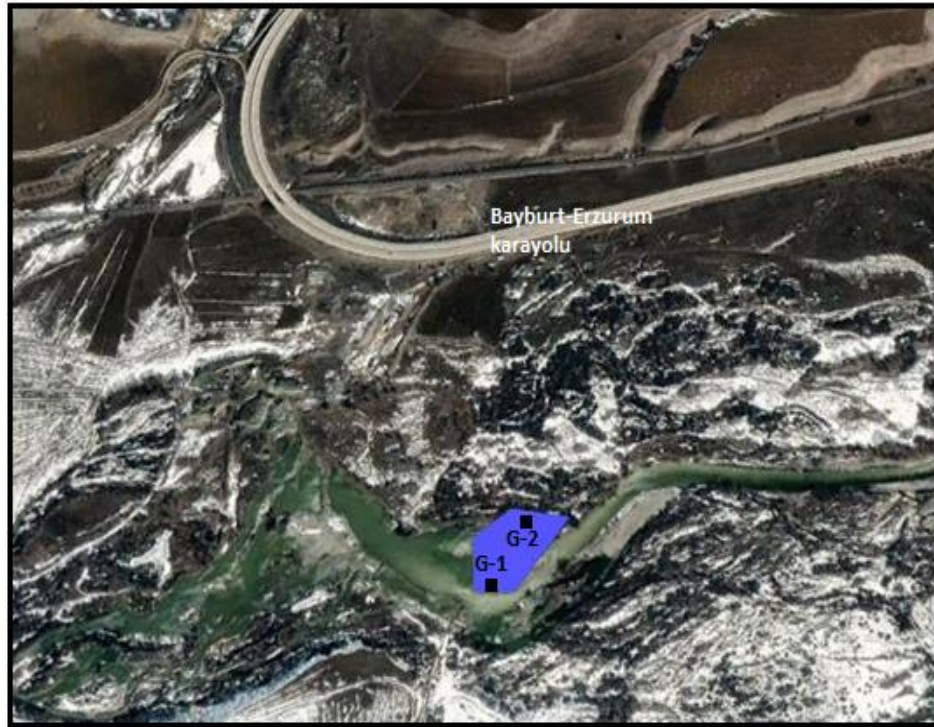
## **2. MATERIAL AND METHOD**

The study area is located on the right bank of the Karasu River within the borders of Pınakapan Village on the 1/25,000 change Erzurum - İ45-a1 map sheet and is approximately 12 km away from Aşkale. Approximately 10750 meters of this road can be reached via the Erzurum-Bayburt highway and approximately 700 meters of this road can be reached via the existing follow-up road that can be changed from here (Visual 1).

To determine the quality and quantity of the study area and to determine its boundaries, observations were made in the material area along the material area borders, and bag samples were taken from 2 different points by the sampling techniques from the study area and brought to the laboratory. The satellite image of the study area and the sampling points are shown in Visual 2.



**Visual 1.** Study area (URL-1)



**Visual 2.** Satellite image of the study area and sampling points (URL-2)

Studies to determine the usability of alluvial material taken from two different points in the study area in dams and ponds were carried out by the specifications specified in the State Hydraulic Works Natural Construction Material Studies Technical Specification and Guide (2017).

The laboratory tests required for the alluvial material to be permeable and filter material were carried out in the material laboratory of the Erzurum DSI 8th Regional Directorate Quality Control and Laboratory Branch Directorate. In the study area, two material research pits with a depth of approximately 1.5 - 2.0 meters were opened in the alluviums of the Karasu River and sampling was carried out by the sampling techniques (Visual 3).



**Visual 3.** Study area and sampling study

Within the scope of this study, Sieve Analysis Test, Relative Density (Specific Gravity) and Water Absorption Rate Determination Tests, Constant Level Permeability Test, Minimum Unit Volume Weight Test, and Maximum Unit Volume Weight Tests were carried out on the samples brought to the laboratory in a laboratory environment according to the Natural Building Materials Research Technical Specification and Guide (DSI, 2017).

### 3. EXPERIMENTAL RESULTS & DISCUSSION

The laboratory test results and evaluations carried out to determine the permeable and filter material properties of the alluvial material obtained from Karasu Stream (between Pınakapan and Aşkale), which spreads over a wide area in the study area, are listed below (Varlı, 2021).

#### 3.1. Sieve analysis

According to field observation and laboratory results, the materials in the study area; According to the Unified Soil Classification System (USCS), it was seen that they were well and poorly-graded gravel, gravel-sand mixture (little or no fine material) (GW, GP) (Chart 1).

In the places where the Karasu River meanders, the fine material ratio may be higher than 5% as seen in the observation and test results. It is seen that the fine material ratio of the material in the study area is slightly above the limits, therefore it is recommended to use the material in question by washing and screening.

Alluvial deposits that present wide distributions in the study area; generally consist of low clay, blocky sandy gravel mixtures in GW, GP soil class. In the alluvial material, whose gravel and blocks are of polygenic origin and mostly round-half round, the average gravel size is 3.00 cm, the average block size is 30 cm and the maximum block size is around 0.50 m. It was observed that the fine material (clay+silt) was more in the meandering parts of the Karasu River, and the fine material ratio was less in the concave parts.



**Chart 1.** Classification of G-1 and G-2 sample contents as percentage (%)

| Sample No     | G-1   | G-2   | Standard          |
|---------------|-------|-------|-------------------|
| Gravel (%)    | 78,60 | 74,40 | TS EN ISO 17892-4 |
| Sand (%)      | 12,90 | 23,00 |                   |
| Clay+Silt (%) | 8,50  | 2,60  |                   |

### 3.2. Specific Gravity

The relative density values of samples G-1 and G-2 are shown in Chart 2. It was observed that the specific gravity values obtained were usable according to the TS EN ISO 17892-3 standard.

**Chart 2.** Test results of samples G-1 and G-2.

| Sample No                             | G-1  | G-2  | Standard          |
|---------------------------------------|------|------|-------------------|
| Coarse Aggregate (g/cm <sup>3</sup> ) | 2,60 | 2,60 | TS EN ISO 17892-3 |
| Fine aggregate (g/cm <sup>3</sup> )   | 2,60 | 2,60 | TS EN ISO 17892-3 |

### 3.3. Water Absorption

If the voided materials remain in water or come into contact with water, their voids are filled with water. It is not desired for the materials to absorb too much water. The reason for this is that various properties of the materials are negatively affected. Freezing and thawing can be given as an example of this negative situation.

The water absorption values of samples G-1 and G-2 are shown in Chart 3. From the obtained data, it was seen that the water absorption test results were in the usable material property according to the TS EN ISO 17892-3 standard.

**Chart 3.** Water absorption test results of samples G-1 and G-2.

| Sample No            | G-1 | G-2 | Limit | Standard          |
|----------------------|-----|-----|-------|-------------------|
| Coarse Aggregate (%) | 1,8 | 1,8 | <2    | TS EN ISO 17892-3 |
| Fine aggregate (%)   | 1,8 | 1,7 | <3    | TS EN ISO 17892-3 |

### 3.4. Maximum and Minimum Dry Unit Volume Weight

Minimum and maximum dry unit volume weight test results of samples G-1 and G-2 are shown in Chart 4. When the test results shown below are evaluated, it is seen that the permeable material is usable according to the TS 1900-1 standard.

**Chart 4.** Max. and min. dry unit weight values of samples G-1 and G-2

| Sample No                               | G-1  | G-2  | Standard          |
|-----------------------------------------|------|------|-------------------|
| Max.dry unit weight, g/cm <sup>3</sup>  | 2,24 | 2,12 | TS EN ISO 17892-3 |
| Min. dry unit weight, g/cm <sup>3</sup> | 1,68 | 1,84 | TS EN ISO 17892-3 |

### 3.5. Constant Level Permeability Test:

The permeability coefficient (K) values obtained as a result of the constant level permeability test of samples G-1 and G-2 are shown in Chart 5. In the State Hydraulic Works Natural Construction Material Studies Technical Specification and Guide, permeable materials are defined as materials with a permeability coefficient of  $10^{-3}$  cm/s or greater in the fill when compressed at optimum water content (DSI, 2017).

As a result of the test conducted in the laboratory on the samples taken from the opened examination pits, the permeability value of sample G-1 is around  $10^{-4}$ , but it is within the range of being considered permeable. However, the permeable material in question may need to be subjected to a washing-screening process.

**Chart 5.** Constant level permeability test results of samples G-1 and G-2.

| Sample No | G-1      | G-2      | Standard           |
|-----------|----------|----------|--------------------|
| K (cm/s)  | 9,92E-04 | 2,30E-03 | TS EN ISO 17892-11 |

## 4. CONCLUSION

It was investigated whether the alluvial material taken from the immediate vicinity of Karasu Stream (Aşkale-Erzurum) could be used as permeable and filter material in aboveground water storage structures such as dams and ponds.

According to the field, laboratory, and technical evaluations of the study area; it has been concluded that it is usable in terms of quality and quantity as a permeable and filter material filler in the body of water structures such as dams and ponds. However, sample G-1 is considered usable even though the fine matter ratio of the permeable material is slightly above the limits in the place where the Karasu stream meanders, but it is recommended to be used by subjecting it to the washing and screening process.

The selection, quality and class of filter materials used in embankment dams are important, and the result of studies and experiments to be carried out in the field and in the laboratory are of great importance. Parameters such as granulometry curve, uniformity coefficient, material type and permeability must meet the desired conditions, otherwise it may cause piping in the transition from fine-grained soils to coarser and permeable materials. In this context, necessary sensitivity should be paid to material research for filter material selection and Project design criteria for embankment dams.

Approximately 15,000 - 20,000 m<sup>3</sup> of permeable material can be taken in the study area. It is observed that the material at depths beyond 1.5-2.0 meters has the same properties as the sampled material, and if necessary, both the depth and the amount of material that can be taken can be increased by conducting relevant laboratory tests (Varlı, 2021).

As a result of field studies, the reserve status of the material area, whether they are within economical transportation distance to engineering structures, the status of the road to which the

material will be transported (asphalt, stabilized, etc.) and the ownership status of the material area must be determined.

The permeability and usability of the alluvial material to be used in water retention structures to be built in Karasu Creek and its immediate vicinity, and the fact that the material areas to be worked on are within economic reach will prevent high costs. The area determined by conducting the necessary studies in the material area will be an important factor in the selection of the body type in engineering projects such as dams or ponds.

It should also be noted that the studies to be conducted should not be based solely on surface data. After the work in the material pits is completed, landscaping work should be carried out within the scope of the project in a way that will restore nature and the area should be abandoned.

## 5. REFERENCES

- [1]. URL-1 (2020).  
[www.kgm.gov.tr/Sayfalar/KGM/SiteTr/Bolgeler/12Bolge/Subeler/SbAskale.aspx](http://www.kgm.gov.tr/Sayfalar/KGM/SiteTr/Bolgeler/12Bolge/Subeler/SbAskale.aspx)  
(Access, 15.12.2020).
- [2]. URL-2 (2020). *Google Earth*, (Access, 03.04.2020)  
DSI (State Hydraulic Works) (2012). *Embankment Dam Design Guide*, 1st Dams Congress, Ankara.
- [3]. DSI (State Hydraulic Works) (2016). *Geotechnical Survey Specification*, Ankara.
- [4]. DSI (State Hydraulic Works) (2017). *Natural Building Materials Survey Specification*, Ankara.
- [5]. DSI (State Hydraulic Works) (2020). *Technical Research and Quality Control Department, Quality Control Technical Specifications*, Ankara.
- [6]. TS 1900-1, (2006). *Laboratory Testing of Soils in Civil Engineering*. Part 1: Determination of Physical Properties, Turkish Standards Institution, Ankara.
- [7]. Varlı, A. (2021). *Investigation of Usability of Alluvial Material in Engineering Applications of Karasu Stream (between Pırnakapan-Aşkale)*. Ataturk University, Institute of Science, Master's thesis, Erzurum.



## GÜNEY DOĞU ANADOLU BÖLGESİNDEKİ 58 İLÇENİN SOĞUTMA DERECE SAAT DEĞERLERİ TAHMİNİ

**Mak.Yük.Müh. Muhammed Sinan TUNA**

Sakarya Uygulamalı Bilimler Üniversitesi,  
Teknoloji Fakültesi,  
Makina Mühendisliği Bölümü,  
sinantuna98@hotmail.com  
Orcid ID: 0000-0002-7249-6522

**Prof. Dr. Mustafa ERTÜRK**

Sakarya Uygulamalı Bilimler Üniversitesi,  
Teknoloji Fakültesi,  
Makina Mühendisliği Bölümü,  
Sakarya, Türkiye  
mustafaerturk@subu.edu.tr  
Orcid ID: 0000-0002-0517-6940

### ÖZET

Soğutma yüklerini tahmin etmede Soğutma Derece Saat(SDS) yöntemi kullanılmaktadır. Bu yöntemde en az 10 yıl geriye dönük yıllık saatlik olarak dış hava sıcaklığı meteorolojik veri seti kullanılmaktadır. İlçe bazlı düzenli kayıt altına alınan meteorolojik veri seti olmadığı için literatürde 81 il merkezi için yapılan SDS değerleri mevcut olup ilçe bazlı SDS değerleri bulunmamaktadır. Bu çalışmada literatürdeki Güney Doğu Anadolu Bölgesi 8 il merkezi için mevcut SDS değerleri dikkate alınarak 58 ilçenin SDS değerleri, 4110 köy ve 1 m rakım farkıyla bölgedeki mezralarında SDS değerleri tahmin edilebilecektir. Bu tahminler için 8 ilin rakım, enlem, boylam, rüzgar hızı, bağıl nem değerleriyle SDS değeri ilişkisi araştırılmıştır. Araştırmada Güney Doğu Anadolu Bölgesi rakım SDS değeri ilişkisi bölgenin SDS değeri rakım denklemiyle ortaya konulmuştur. Bu denklemin Regrasyon katsayısı 0,57'dir. Bölge denkleminde ilçe, köy ve mezraların rakım değerleri girildiğinde 58 ilçe, 4110 köy ve 5148 mezranın SDS değerleri tahmin edilmektedir. Bu çalışmayla bölgedeki ilçe, köy ve mezraların SDS değerleri regrasyon katsayısı hassasiyetinde tahmin edilmiştir.

**Anahtar Kelimeler :** Güneydoğu Anadolu Bölgesi, soğutma derece saat, enerji ihtiyacı, enlem, boylam, rakım.

## ABSTRACT

Cooling Degree Hour (SDS) method is used to estimate cooling loads. In this method, an annual hourly outdoor temperature meteorological data set going back at least 10 years is used. Since there is no regularly recorded district-based meteorological data set, SDS values for 81 provincial centers are available in the literature, but there are no district-based SDS values. In this study, by taking into account the existing SDS values for 8 provincial centers of the South-Eastern Anatolia Region in the literature, the SDS values of 58 districts, 4110 villages and hamlets in the region with an altitude difference of 1 m can be estimated. For these predictions, the relationship between the altitude, latitude, longitude, wind speed and relative humidity of 8 provinces and the SDS value was investigated. In the research, the relationship between the altitude and SDS value of the South-Eastern Anatolia Region was revealed by the SDS value-altitude equation of the region. The regression coefficient of this equation is 0.57. When the altitude values of districts, villages and hamlets are entered into the region equation, SDS values of 58 districts, 4110 villages and 5148 hamlets are estimated. With this study, SDS values of districts, villages and hamlets in the region were estimated with regression coefficient precision.

**Key words:** Southeastern Anatolia Region, cooling degree hour, energy need, latitude, longitude, altitude.

## 1.Giriş

Yeryüzündeki fosil türü yakıtların yeniden oluşumu, yıllık tüketilen enerjiye hızına göre çok geride kalması yakın gelecekte küresel bazda enerji krizlerine neden olacaktır. Dünya milletleri bu krizi sürdürülebilir hale getirmek için enerji tasarrufuna yönelik çalışmalar, yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelik çalışmalar yapmaya zorlanmaktadır. Ülke temelinde sürdürülebilir enerji planlamalarında kısa, orta ve uzun vadeli enerji planlamaları ve tesis yatırımları için önemlidir [1]. Isıtma ve soğutma yüklerini tahmin etmek için kullanılan en az on yıllık her yıl için 8760 saatlik düzenli olarak kayıt altına alınan dış hava sıcaklığı verileri son derece önemlidir[2]. Bu iklim verileriyle gelecek yıllarda ısıtma ve soğutma yükleride tahmin edilebilir[3,4,5]. Literatürde ısıtma ve soğutma amaçlı yük hesaplamaları tahmininde kullanılan derece-saat değerleri hem Türkiye'deki iller [6,7] hem de dünyanın birçok şehirleri [8,9] için yapılmıştır.

Bina ısıtma, soğutma yükleri hesaplanmasında yaygın olarak Derece zaman yöntemi kullanılmaktadır. Bu yöntemle, her ilin ısıtma ve soğutma sezonları belirlenmekte, optimum yalıtım kalınlıkları belirlenmekte, tarım ürünlerin ekim, dikim ve ilaçlama zamanlarının belirlenmesinde, yıllık ısıtma ve soğutma amaçlı enerji gereksiniminin belirlenmesinde, doğalgaz taşıma boru hatları boyutlandırılmasında ve ülkenin ya da bölgenin yıllık yakıt tüketimi hesaplanmasında kullanılmaktadır [10]. Soğutma yükü hesaplamaları için aylık, saatlik bazda derece-saat değerleri ayrıntılı analiz imkânı sunmaktadır. Isıtma, soğutma mevsimlerinde her ayın herhangi bir zamanındaki veya iki zaman dilimi arasındaki yirmi dört

saatlik derece-saat hesaplamaları Ankara için ısıtma ve İzmir ve Sakarya için soğutma amaçlı olarak ortaya konulmuştur [11-12 ]. Antalya ili içinde soğutma amaçlı çalışma yapılmıştır [13].

## 2. Hesaplama Yöntemi

Soğutma sistemlerinin tasarımlarında soğutma yüklerinin doğru hesaplanması en önemli aşamadır. Literatürde ilçe bazlı düzenli kayıt altına alınan dış hava sıcaklık verilerinin olmaması ve Türkiye’deki bütün ilçelerin SDS değerleri hesaplamaları zor olduğu için SDS değerleri sadece il merkezleri için bulunmamaktadır. Literatürde ısıtma ve soğutma amaçlı farklı enerji tahmin metodları bulunmaktadır. Bu tahmin metodları derece bin, derece gün ve derece saat yöntemleridir [4]. Literatürdeki hesaplama yönteminde il temelinde derece gün ve saatleri yıllık toplam olarak verilmektedir [14]. Bu çalışmada 79 il için 11 farklı iç ortam referans sıcaklığına göre Ertürk tarafından literatüre kazandırılan SDS değerleri baz alınarak Doğu Anadolu Bölgesinde bulunan adet ilçelerin SDS değerleri ortaya konulmuştur..

### 2.1 Derece-Zaman Yöntemlerinin Açıklanması

Bu yöntem ile belirli bir zaman diliminde bir bölgenin ısıtılması ya da soğutulmasında yönelik enerji ihtiyacı tahmin edilebilmektedir. Yöntemde, bir mahallin enerji ihtiyacının dış ve iç ortamların sıcaklık farkıyla doğru orantılı olduğu, dış ortam sıcaklığının denge sıcaklığıyla önceden tanımlanmış bir sıcaklıktan daha küçük olduğu süreler boyunca olduğu kabul edilmektedir [15]. İklimlendirme sistemleri projelendirilmesinde, kapalı hacimlerde enerji çözümlemeleri, ısıtma - soğutma yükü hesaplamaları için baz olarak iklim verileriyle yapılmaktadır. Farklı enerji çözümlemelerinde değişik iklim verileri gerekmektedir. Doğru, kolay ulaşılabilir iklim verileri, enerji çözümlemesi ve iklimlendirme sistemlerinin analizinde enerji verimliliği açısından son derece önemlidir. Binalarda ve iklimlendirme sistemleri için çeşitli enerji tahmin yöntemleri geliştirilmiştir. Genel olarak bu yöntemler ikiye ayrılır. Bu yöntemlerden birincisi doğrulukları ve sonuçları açısından sınırlı olan derece-gün, daha hassas olan derece-saat ve bin yöntemlerini içine alan statik yöntemlerdir. İkincisi ise dinamik yöntemlerdir. Bu yöntemde binanın dinamik davranışı dikkate alınarak bina enerji simülasyonu yapılmaktadır. [16].

### 2.2 Derece Zaman Yöntemleri

Literatürde derece zaman yöntemiyle ilgili üç ayrı (derece bin, derece gün, derece saat yöntemi) statik yöntem ve binanın dinamik davranışına göre hesaplama yapılan dinamik yöntemler mevcuttur. Bu çalışmada statik yöntemlerden bahsedilecektir.

#### 2.2.1 Derece Bin Yöntemi;

Bin yöntemi, kullanılan ısıtma, soğutma, havalandırma sisteminin veriminin, denge noktası sıcaklığının, bina kullanım amacının ve ısı kayıp katsayısının sabit olmadığı çok uygulamalarda kullanılmaktadır. Bu yöntemde sıcaklık ve zaman aralıkları ayrı ayrı değerlendirilerek aylık ve yıllık enerji sarfiyatları belirlenebilmektedir. Yöntemde iç ortam referans sıcaklığı ( $T_b$ ) ile belirli bir dönem içerisinde (ay, yıl) dış hava sıcaklığının ( $T_{0,i}$ ) ele

alınan belirli aralıklarda (bin) kaç saat ( $N_{bin,i}$ ) olduğu belirlenir. Bu sıcaklık değerine göre enerji miktarı hesaplanabilir. Toplam enerji tüketimi, bütün sıcaklık aralarındaki enerji miktarının toplanmasıyla hesaplanmaktadır. [11].

$$Q_{bin,i} = N_{bin,i} \frac{K_{top}}{\eta} (T_b - T_{o,i})^{\pm} \quad (\text{kWh}) \quad (1)$$

$$Q_{top} = \sum_{i=1}^m Q_{bin,i} \quad (\text{kWh}) \quad (2)$$

Burada  $K_{top}$ , binanın toplam ısı transfer katsayısı ( $W/^{\circ}C$ );  $\eta$ , ısıtma sistemi verimi (%); COP, binada kullanılan ısıtma-soğutma sisteminin etkinlik katsayısı ve m ise sıcaklık aralıklarının sayısıdır.

## 2.2.2 Derece Gün Yöntemi;

Bu yöntem, bir binanın yıllık enerji sarfiyatının tahmin edilmesinde kullanılan yöntemlerden biridir. Bina dış kabuğu elemanlarına ait ortalama U değerleri ile birlikte kullanarak, binanın yıllık enerji ihtiyacı kolaylıkla hesaplanabilmektedir. Örnek olarak; bina dış kabuğu elemanları (duvarlar, çatı, döşeme) için toplam alan A ( $m^2$ ) ve ortalama ısı transfer katsayısı U ( $W/m^2K$ ), derece gün sayısı (DD) ise; binanın yıl boyunca sabit konfor sıcaklığında tutulabilmesi için kWh cinsinden gerekli enerji Denklem 3'te verilmiştir.

$$Q = A \times U \times DD/1000 \quad (\text{kWh}) \quad (3)$$

Bu yöntemde ısıtma ve soğutma dönemi için U değeri aynı alınmasına rağmen, DD değerlerinin her dönem için ayrı ayrı hesaplanması gereklidir. Bu durumda herhangi bir yörede ısıtma derece gün sayısı (HDD) ile soğutma derece gün (CDD) sayılarının ayrı ayrı hesaplanabilmesi; ısıtma ve soğutma sistemi kapasitelerinin ve maliyetlerinin belirlenmesi açısından önem arz etmektedir. Bu parametrelerin hesabında; karşılaştırılabilir ve ortak bir kullanım oluşturmak için Avrupa Birliği İstatistik Ofisi (Eurostat) tarafından önerilen eşitlikler Denklem 4-5'te verilmiştir [15].

$$HDD (T_h) = \sum_1^N (T_h - T_o) \quad (^{\circ}C\text{-gün}) \quad (4)$$

Sadece  $T_h > T_o$  olan günler hesaplanır.

$$CDD (T_c) = \sum_1^M (T_o - T_c) \quad (^{\circ}C\text{-gün}) \quad (5)$$

Sadece  $T_o > T_c$  olan günler hesaplanır.

Denklemlerde;  $T_o$  günlük ortalama dış hava sıcaklığı,  $T_h$  ve  $T_c$  sırasıyla ısıtma ve soğutma dönemi denge sıcaklıklarıdır. N ısıtma mevsimi toplam gün sayısı, M soğutma periyodu toplam gün sayısıdır.

## 2.2.3 Derece Saat Yöntemi;

Kapalı hacimlerin ısıtma ve soğutma yükleri derece saat yöntemiyle tahmin edilebilmektedir. Bu yöntemde kapalı hacimlerin ısıtma ve soğutma yükleri, dış ortam sıcaklığı ve denge noktası sıcaklığı arasındaki farkla orantılı olduğu varsayılmaktadır. Derece saat yöntemi için, öncelikle belirli bir denge noktasına göre derece saat değerlerinin belirlenmesi tespit edilmesi gereklidir. Bu tespit içinde bir yıl içerisinde toplam 8760 saatlik kuru termometre sıcaklıkları olması en önemli parametredir. Denge noktası sıcaklığı, kapalı hacimlerde ısıtma veya soğutma ihtiyacı gerektirmeyen dış ortam sıcaklığıdır. Denge noktası sıcaklıkları genelde, yalıtımsız bir bina için derece saat değerleri ısıtma amaçlı 18 °C, soğutma amaçlı olarakta 25 °C denge sıcaklığı için hesaplanır.

### 2.2.3.1 Derece Saat Yöntemi;

Soğutma Derece Saat (SDS) yöntemi, derece gün yöntemine kıyasla daha fazla parametre kullandığından dolayı derece gün yöntemine göre kullanımı hassas ve güvenilirdir. Çalışmacılar da genellikle bu yöntemi tercih etmektedir. Soğutma derece saat yönteminde en önemli etken, verilerin saatlik olarak ölçülmesinden elde edilmesidir. Bu yöntemde hesaplamaların en temel özelliği çevre sıcaklığı ile soğutulan mahal için tasarlanan sıcaklık farkına dayanmasıdır. Soğutma Derece Saat yöntemi için geçmiş yılların saatlik verilerinin elde olması gerekmektedir [11]. Denge noktası sıcaklığı, ısıtılacak ya da soğutulacak mahallin ısıtma ya da soğutma ihtiyacı hissetmediği zamandaki çevre sıcaklığıdır [12]. Genellikle, yalıtım yapılmamış kapalı bir hacim için soğutma derece saat değerleri Dış Ortam Referans Sıcaklığı (DORS) 25 °C ve altındaki sıcaklıklar için hesaplanır [10]. Soğutma derece saat hesaplamalarında aşağıdaki denklem kullanılmaktadır[14].

$$SDS = (1 \text{ saat}) \sum_{\text{saatler}}^M (T_{DORS} - T_{IORS})^+ \quad (^\circ\text{C-saat}) \quad (6)$$

Burada M soğutma periyodundaki toplam gün sayısıdır. Soğutmaya ihtiyaç duyulmayan günler bu sayılardan hariç tutulur. Denklem (6)'nın üzerindeki + sembolü hesaplamalarda sadece pozitif sayıların dahil edileceğini ifade etmektedir. Ayrıca TDORS ve TIORS değerleri saatlik sıcaklık değerleridir.

Soğutma enerjisi gereksinimi (Qs) Denklem (7)'den hesaplanabilir [11].

$$Q_s = \frac{K_{top}}{COP} SDS \left( \frac{1}{1000} \right) \quad (\text{kWh}) \quad (7)$$

### 3. Enlem,Rakım,Boylam SDS Değeri İlişkisi

Yunanistan 1200 m yükseltide bulunan konutun 200 m yükseltideki konuta göre 7.4 katı daha az soğutma enerjisine ihtiyaç duyduğu ortaya konulmuştur[15].Bu çalışmada rakımla soğutma yükleri arasındaki ters orantılı ilişki araştırılmıştır. Literatürde sadece il merkezleri için SDS değerleri olup ilçeler için SDS değerleri bulunmamaktadır. Bu durum il merkezine bağlı tüm ilçelerde SDS değerinin aynı alınmasına neden olduğu için ilçelerin gerçek SDS değerleri olmadığı için hatalı soğutma yükleri tahmin edilmektedir. Tuna ve arkadaşları tarafından Ege bölgesindeki illerin derece saat değerleri temel alınarak enlem, boylam ve rakım ilişkisi matematiksel olarak ortaya konulmuştur. Bu modelde Ege bölgesi için SDS değeri rakım ilişkisi denklemini ortaya konulmuştur[16].

#### 3.1 Güneydoğu Anadolu Bölgesindeki 8 İlin Enlem, Boylam, Rakım, Nem ve Rüzgar Hızı SDS

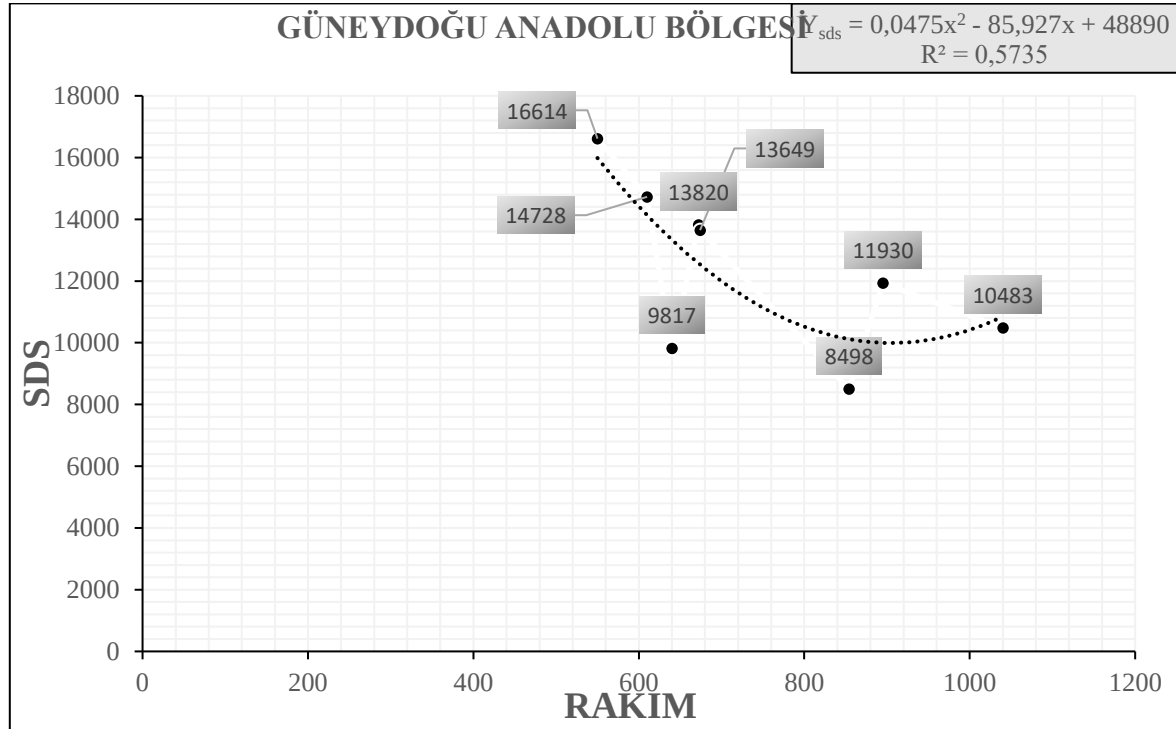
## değeri İlişkisinin Araştırılması

Güney Doğu Anadolu Bölgesinde 8 ilin enlem, boylam, rakım, nem ve rüzgar hızı SDS değeri ilişkisi 25°C iç ortam referans sıcaklığına göre ilişkisi Tablo 1’de verilmiştir.

Tablo.1 Güneydoğu Anadolu Bölgesi Enlem, Boylam, Rakım, Nem ve Rüzgar Hızı SDS değeri ilişkisi[23]

| İLLER      | ENLEM<br>[derece-dk] | BOYLAM<br>[derece-dk] | RAKIM<br>[m] | NEM<br>[%] | RÜZGAR HIZI<br>[m/s] | SDS<br>[°C-saat] |
|------------|----------------------|-----------------------|--------------|------------|----------------------|------------------|
| ŞANLIURFA  | 37,161               | 38,786                | 550          | 52,47      | 1,63                 | 16614            |
| BATMAN     | 37,864               | 41,156                | 610          | 57,99      | 1,60                 | 14728            |
| KİLİS      | 36,709               | 37,112                | 640          | 54,34      | 2,62                 | 9817             |
| ADİYAMAN   | 37,755               | 38,278                | 672          | 49,22      | 1,92                 | 13820            |
| DİYARBAKIR | 37,897               | 40,203                | 674          | 55,25      | 2,51                 | 13649            |
| GAZİANTEP  | 37,059               | 37,351                | 854          | 61,09      | 1,24                 | 8498             |
| SİİRT      | 37,932               | 41,935                | 895          | 50,80      | 1,34                 | 11930            |
| MARDİN     | 37,310               | 40,728                | 1040         | 47,74      | 3,85                 | 10483            |

Tablo 1 grafik haline dönüştürülüp Şekil 1’de verilmiştir. Bu grafiğe eğri uydurularak Güneydoğu Anadolu bölgesine ait denklem 1 ortaya konulmuştur.



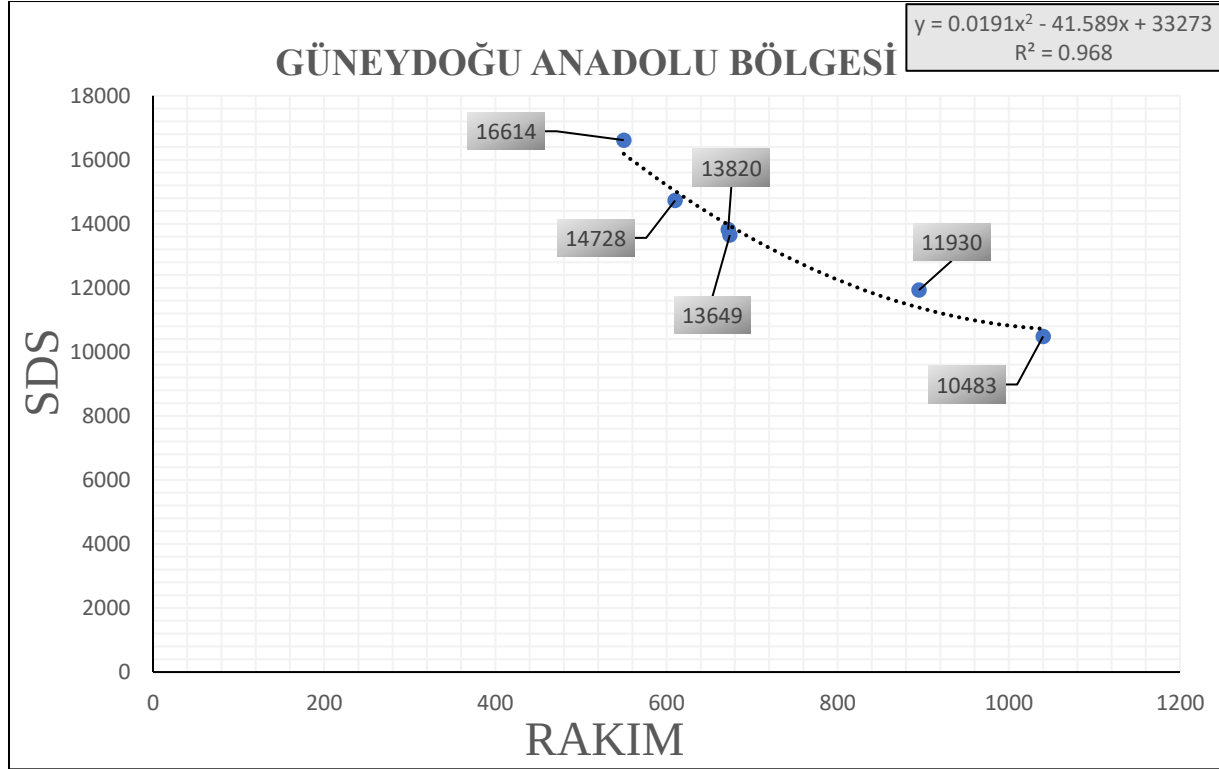
Şekil.1 Güneydoğu Anadolu Bölgesindeki 8 ilin Rakım-SDS Grafiği [23]

$$Y_{sds} = 0,0475x^2 - 85,927x + 48890 \quad (1)$$

Denklem 1’de y değeri SDS değeri, x değeri ise rakımı ifade etmektedir.

Güneydoğu Anadolu bölgesindeki 8 il için elde edilen formülün regresyon katsayısı 0,5735'tir[17].

Bu denklemde Kilis ve Gaziantep illerinden dolayı regresyon katsayısı 0,5735 doğruluk payı küçük çıkmıştır. Regresyon katsayısının düşük çıkmasına Kilis ve Gaziantep illeri neden olduğu için bu iller devre dışı olmak üzere revize edilip tekrar Güneydoğu Anadolu bölgesi Rakım-SDS grafiği oluşturulmuştur. Bu grafik Şekil2'de verilmiştir.



Şekil.2 Revize edilmiş Güneydoğu Anadolu Bölgesindeki 6 ilin Rakım-SDS Grafiği [23]

Şekil 2'de grafiğe uydurulan formül Denklem2'de verilmiştir.

$$Y_{sds} = 0,0191x^2 - 41,589x + 33273 \quad (2)$$

Bu denklemin regresyon katsayısı 0,968 olarak bulunmuştur. Bu denklemle Kilis ve Gaziantep hariç 6 ile bağlı il, köy ve mezraların SDS değerleri 0,968 doğruluğuyla tahmin edilmiş olacaktır.

### 3.2 Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde bulunan ilçelerin SDS değerlerinin tahmini

Güneydoğu Anadolu bölgesinde SDS-rakım ilişkisi 8 il için regresyon katsayısının 0,5735 çıkmıştır. Regresyon katsayısının düşük çıkmasına neden olan Kilis ve Gaziantep illeri çıkartılarak 6 ilin rakım-SDS değeri araştırılarak bu illerle rakım-SDS değeri regresyon katsayısı 0,968'e yükseldiği için bu bölümde denklem 2 dikkate alınarak ilçe bazlı rakım-SDS değeri ilişkisi araştırılmıştır. Bu bölge denklemi yazılım haline getirilmiştir. Yazılıma bölgedeki ilçe, köy, mezra rakımları girildiğinde SDS değerleri bulunmaktadır.



### 3.2.1 Şanlıurfa iline ait ilçelerin SDS değerlerinin bulunması

Şanlıurfa iline bağlı birisi merkez ilçe olmak üzere 11 ilçe bulunmaktadır. Bu ilçelerin gerçek rakım değerleri yazılıma aktarılarak SDS değerleri Tablo 2’de verilmiştir. Tablo 2’de en düşük rakım değerine sahip Akçakale ilçesinin SDS değeri 21084 derece-saat, en yüksek rakım değerine sahip Viranşehir ilçesinin SDS değeri 1273,86 derece-saat olduğu görülmektedir.

Tablo.2 Şanlıurfa İlinde Bulunan İlçelerin SDS Değerleri [23]

| İLÇE             | RAKIM (m) | SDS (derece-saat) |
|------------------|-----------|-------------------|
| Akçakale         | 349       | 21084,8381        |
| Birecik          | 362       | 20720,7224        |
| Bozova           | 362       | 20720,7224        |
| Ceylanpınar      | 366       | 20609,9856        |
| Halfeti          | 409       | 19458,1661        |
| Harran           | 498       | 17298,5544        |
| Hilvan           | 528       | 16638,7824        |
| Şanlıurfa Merkez | 572       | 15733,3064        |
| Siverek          | 583       | 15518,4929        |
| Suruç            | 598       | 15233,0144        |
| Viranşehir       | 770       | 12573,86          |

### 3.2.2 Batman iline ait ilçelerin SDS değerlerinin bulunması

Batman iline bağlı 5 ilçe bulunmaktadır. Bu ilçelerin gerçek rakım değerleri yazılıma aktarılarak SDS değerleri Tablo 2’de verilmiştir. Tablo 3’te en düşük rakım değerine sahip Beşiri ilçesinin SDS değeri, en yüksek rakım değerine sahip Sason ilçesine göre SDS değerinin 1,58 kat daha büyük olduğu görülmektedir.

Tablo. 3 Batman İlinde Bulunan İlçelerin SDS Değerleri [23]

| İLÇE      | RAKIM (m) | SDS (derece-saat) |
|-----------|-----------|-------------------|
| Beşiri    | 495       | 17366,4225        |
| Gercüş    | 747       | 12863,9889        |
| Hasankeyf | 872       | 11530,7264        |
| Kozluk    | 885       | 11426,3325        |
| Sason     | 954       | 10980,3096        |

### 3.2.3 Adıyaman iline ait ilçelerin SDS değerlerinin bulunması

Adıyaman iline bağlı 8 ilçe bulunmaktadır. Bu ilçelerin gerçek rakım değerleri yazılıma aktarılarak SDS değerleri Tablo 2’de verilmiştir. Tablo 4’te 600 m rakım değerine sahip Besni

ilçesinin SDS değeri 15196 derece-saat iken, 1412 rakım değerine sahip Tut ilçesinin SDS değerinin 12630 derece-saat olacağı Tablo 4'te görülmektedir.

Tablo. 4 Adıyaman İlinde Bulunan İlçelerin SDS Değerleri [23]

| İLÇE     | RAKIM (m) | SDS (derece-saat) |
|----------|-----------|-------------------|
| Besni    | 600       | 15195,6           |
| Çelikhan | 715       | 13301,26          |
| Gerger   | 783       | 12418,81          |
| Gölbaşı  | 902       | 11299,56          |
| Kahta    | 908       | 11257,45          |
| Samsat   | 1057      | 10652,88          |
| Sincik   | 1372      | 12166,43          |
| Tut      | 1412      | 12629,84          |

### 3.2.4 Diyarbakır iline ait ilçelerin SDS değerlerinin bulunması

Diyarbakır iline bağlı 17 ilçe bulunmaktadır. Bu ilçelerin gerçek rakım değerleri yazılıma aktarılarak SDS değerleri Tablo 4'te verilmiştir. Tablo 5'te en düşük rakım değerine sahip Bağlar ilçesinin SDS değeri, en yüksek rakım değerine sahip Yenişehir ilçesine göre SDS değerinin %52 daha büyük olacağı görülmektedir.

Tablo. 5 Diyarbakır İlinde Bulunan İlçelerin SDS Değerleri [23]

| İLÇE      | RAKIM (m) | SDS (derece-saat) |
|-----------|-----------|-------------------|
| Bağlar    | 546       | 16259,42          |
| Bismil    | 673       | 13934,55          |
| Çermik    | 688       | 13700,64          |
| Çınar     | 688       | 13700,64          |
| Çüngüş    | 688       | 13700,64          |
| Dicle     | 688       | 13700,64          |
| Eğil      | 702       | 13490,08          |
| Ergani    | 837       | 11843,87          |
| Hani      | 851       | 11713             |
| Hazro     | 919       | 11183,82          |
| Kayapınar | 932       | 11102,77          |
| Kocaköy   | 936       | 11079,13          |
| Kulp      | 950       | 11001,2           |
| Lice      | 969       | 10907,41          |
| Silvan    | 972       | 10893,87          |
| Sur       | 1011      | 10749,03          |
| Yenişehir | 1034      | 10690,85          |

### 3.2.5 Siirt iline ait ilçelerin SDS değerlerinin bulunması

Siirt iline bağlı birisi merkez ilçe olmak üzere 7 ilçe bulunmaktadır.. Bu ilçelerin gerçek rakım değerleri yazılıma aktarılarak SDS değerleri Tablo 6’da verilmiştir. Tablo 6’da en düşük rakım değerine sahip Aydınlar ilçesinin SDS değeri, en yüksek rakım değerine sahip Şirvan ilçesine göre SDS değerinin 1,06 kat daha büyük olduğu görülmektedir.

Tablo. 5 Siirt İlinde Bulunan İlçelerin SDS Değerleri [23]

| İLÇE         | RAKIM (m) | SDS (derece-saat) |
|--------------|-----------|-------------------|
| Aydınlar     | 698       | 13549,47          |
| Baykan       | 713       | 13329,89          |
| Eruh         | 893       | 11365,3           |
| Kurtalan     | 1002      | 10777,3           |
| Pervari      | 1165      | 10744,81          |
| Siirt Merkez | 1381      | 12265,37          |
| Şirvan       | 1417      | 12692,07          |

### 3.2.6 Mardin iline ait ilçelerin SDS değerlerinin bulunması

Mardin iline bağlı 9 ilçe bulunmaktadır. Bu ilçelerin gerçek rakım değerleri yazılıma aktarılarak SDS değerleri Tablo 6’da verilmiştir. Tablo 6’da en düşük rakım değeri (475) m olan Dargeçit ilçesinin SDS değeri 17827,66 derece-saat iken, en yüksek rakım değeri (1087m) olan Yeşilli ilçesinin SDS değerinin 10633,72 derece-saat olacağı Tablo 6’da görülmektedir.

Tablo. 6 Mardin İlinde Bulunan İlçelerin SDS Değerleri [23]

| İLÇE          | RAKIM[m] | SDS[Derece-Saat] |
|---------------|----------|------------------|
| Dargeçit      | 475      | 17827,66         |
| Derik         | 489      | 17503,19         |
| Kızıltepe     | 811      | 12106,79         |
| Mazıdağı      | 821      | 12002,61         |
| Midyat(Estel) | 876      | 11497,92         |
| Nusaybin      | 901      | 11306,71         |
| Ömerli        | 957      | 10965,04         |
| Savur         | 1047     | 10666,91         |
| Yeşilli       | 1087     | 10633,72         |

## 4. SONUÇ

Güneydoğu Anadolu bölgesindeki 8 il merkezi için literatürde SDS değerleri mevcut olup bu bölgedeki 58 ilçe ve 4110 köy için SDS değerleri bulunmamaktadır. Bu durum bölgedeki ilçe ve köylerin SDS değerleriyle aynı kabul edilmektedir. Bildiri metninde görüleceği üzere ilçe ve köy rakımları il merkezine göre büyük veya küçük olmaktadır. İlçe ve köy merkezli en az on yıllık geçmiş yıllara düzenli kayıt altına alınan meteorolojik verinin bulunmaması, bölgedeki ilçe ve köylerin SDS değerleri küçük veya büyük olmaktadır. Bu çalışmayla bölgedeki tüm ilçe

ve köylerin SDS değeri için yaklaşım getirmiştir. Bu yaklaşımla 1m rakım farkıyla Güneydoğu Anadolu Bölgesi SDS değeri formulu getirilmiştir. Bölge formülü model parametrelerinden birisi olan rakıma girildiğinde o rakımlı yerleşim biriminin SDS değeri regrasyon katsayısı doğruluğunda tahmin edilebilecektir. Bölgedeki 8 ilden Kilis ve Gaziantep çıkarıldıktan sonra Güneydoğu Anadolu Bölgesi denkleminin regrasyon katsayısı %97 olarak ortaya konulmuştur. Regrasyon katsayısı doğruluğunda bölgedeki tüm işçe, köy, kasaba, mezra vb yerleşim birimlerinin SDS değerleri ilk defa bu çalışmayla ortaya konulmuştur.

## KAYNAKLAR

- [1] Nakicenovic, N., Grübler, A., McDonald, A. (Eds.). Global Energy Perspectives. Cambridge University. 299, (1998).
- [2] H. Bulut O, Büyükalaca T, Yılmaz ve M.A. Aktacir, “GAP bölgesi için detaylı iklim verileri,” Harran Üniversitesi GAP IV. Mühendislik Kongresi Bildiriler Kitabı, Şanlıurfa, Türkiye, 2002a, ss. 183-191.
- [3] H. Bulut, O. Buyukalaca and T. Yılmaz, “Determination and application of the data used in energy estimation methods for Istanbul,” Proceedings of 5th International HVAC&R Technology Symposium, İstanbul, Türkiye 2002c, pp.1-11.
- [4] H. Bulut, O. Büyükalaca and T. Yılmaz, “New Outdoor Cooling Design Data for Turkey,” Energy, vol. 27, no.10, 2002b, pp. 923-946.
- [5] K. Papakostas and N. Kyriakis, “Heating and cooling degree-hours for Athens and Thessaloniki,” Greece Renewable Energy, vol. 30, pp. 1873-1880, 2005.
- [6] KESEN D., “A comparison of new Turkish thermal insulation in building”, Energy & Building, 35 (2): 161-174, (2003).
- [7] BADESCU V., ZAMFIR E., “Degree-days, degree-hours and ambient temperature bin data from monthly-average temperatures (Romania)”, Energy Conversion and Management, 40 (8): 885-900, (1999)
- [8] ERTÜRK M., “Isıtma ve soğutma derece saat hesaplamalarında farklı bir yöntemin araştırılması ve geliştirilmesi”. Doktora Tezi. Balıkesir Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Makina Mühendisliği, (2012).
- [9] COSKUN C., ERTÜRK M., OKTAY Z., DİNÇER İ., “Aylık bazda saatlik derece-saat değerlerinin tespitini mümkün kılan yeni bir yaklaşım”, Tesisat Mühendisliği Dergisi, 31: 28- (2012).
- [10] ERTÜRK M., KEÇEBAŞ A., “Calculation of twenty-four hours’ refrigeration loads for Antalya according to different indoor temperature”, Mas International European Conference on Mathematics-Engineering-Natural & Medical Sciences-X, 366-374-(2019)
- [11] BULUT H., BUYUKALACA O., YILMAZ T., “Determination and application of the data used in energy estimation methods for Istanbul”, Proceedings of 5th International HVAC&R Technology Symposium, İstanbul, 1-11, (2002).
- [12] BULUT H., BÜYÜKALACA O., YILMAZ T., “Türkiye için ısıtma ve soğutma derece gün bölgeleri”, 16 Ulusal Isı Bilimi ve Tekniği Kongresi, Kayseri, 1-6, (2007).
- [13] COŞKUN C., OKTAY Z., ERTÜRK M., “Konutların ısıtma sezonunda seçilen iç ortama sıcaklık parametresinin enerji-maliyet-çevre açısından değerlendirilmesi ve bir uygulama örneği”, IX. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi, İzmir, 529-538, (2009).
- [14] DURMAYAZ A., KADIOĞLU M., “Heating energy requirements and fuel consumptions in the biggest city centers of Turkey”, Energy Conversion and Management, 44(7), 1177-1192, (2003).
- [15] BÜYÜKALACA O., BULUT H., “Detailed weather data for the provinces covered by the Southeastern Anatolia Project(GAP) of Turkey”, Applied Energy, 77(2):187–204, (2003).

- [16] İLERİ A., ÜNER M., “Türkiye şehirleri için tipik iklim verileri”, Mühendis ve Makine Dergisi, 463, 31-42 (1998).
- [17] Tuna M. S, 2022. Soğutma Yüklerine Enlem, Rakımı Boylam, Rüzgar Hızı ve Bağıl Nem İlişkisinin Yetmiş Dokuz İl İçin Araştırılması, Yüksek Lisans Tezi, Sakarya Uygulamalı Bilimler Üniversitesi

## EGE BÖLGESİNDEKİ 132 İLÇENİN SOĞUTMA DERECE SAAT DEĞERLERİ TAHMİNİNDE YENİ BİR YAKLAŞIM

**Mak.Yük.Müh. Muhammed Sinan TUNA**

Sakarya Uygulamalı Bilimler Üniversitesi,  
Teknoloji Fakültesi,  
Makina Mühendisliği Bölümü,  
sinantuna98@hotmail.com  
Orcid ID: 0000-0002-7249-6522

**Prof. Dr. Mustafa ERTÜRK**

Sakarya Uygulamalı Bilimler Üniversitesi,  
Teknoloji Fakültesi,  
Makina Mühendisliği Bölümü,  
Sakarya, Türkiye  
mustafaerturk@subu.edu.tr  
Orcid ID: 0000-0002-0517-6940

### ÖZET

Soğutma amaçlı enerji ihtiyaçlarını tahmin etmek için en kolay yöntemlerden birisi Soğutma Derece Saat (SDS) yöntemidir. Literatürde bulunan SDS değerleri il bazlı yapılmaktadır. İlçe bazlı SDS değerleri bulunmamaktadır. Ege Bölgesinde 8 il (Afyon, Aydın, Denizli, İzmir, Kütahya, Manisa, Muğla, Uşak) ve bu illere bağlı 132 ilçe bulunmaktadır. Bu çalışmada literatürde bu bölgedeki 8 ilin SDS değerleriyle 8 ile ait enlem, boylam ve rakım ilişkisi araştırılmıştır. 8 ilin literatürdeki 25°C iç ortam referans sıcaklığı için SDS değerleri referans alınarak SDS değerleri üzerine rakım, enlem ve boylam etkisi araştırılmıştır. Araştırma sonuçlarına göre; Rakım arttıkça SDS değerleri düşmektedir. SDS-rakım arasındaki ters orantı ilişkisi Matlab yazılımıyla Ege bölgesi denklemi olarak ortaya konulmuştur. Bu denklemin regrasyon katsayısı %0,9323 olarak tahmin edilmiştir. Denklem parametrelerinden birisi rakımdır. Denkleme istenilen bölgedeki ilçelerin herhangi birinin rakım değeri girildiğinde o ilçenin SDS değeri regrasyon katsayısı hassasiyeti doğruluğuyla tahmin edilmiş olacaktır. Bu çalışmayla bölgedeki 132 ilçenin SDS değerleri ilk defa ortaya konulmuştur.

**Anahtar Kelimeler :** Soğutma derece saat, enerji ihtiyacı, enlem, boylam, rakım.

### ABSTRACT

One of the easiest methods to estimate energy needs for cooling purposes is the Cooling Degree Hour (SDS) method. SDS values found in the literature are made on a provincial basis. There are no district-based SDS values. There are 8 provinces in the Aegean Region (Afyon, Aydın, Denizli, İzmir, Kütahya, Manisa, Muğla, Uşak) and 132 districts of these provinces. In this

study, the relationship between the SDS values of 8 provinces in this region and their latitude, longitude and altitude was investigated in the literature. The effects of altitude, latitude and longitude on SDS values were investigated by taking as reference the SDS values for 25°C indoor reference temperature in the literature of 8 provinces. According to the research results; As altitude increases, SDS values decrease. The inverse proportionality relationship between SDS and altitude was revealed as the Aegean region equation with Matlab software. The regression coefficient of this equation was estimated as 0,9323 %. One of the equation parameters is altitude. When the altitude value of any of the districts in the desired region is entered into the equation, the SDS value of that district will be estimated with regression coefficient accuracy. With this study, SDS values of 132 districts in the region were revealed for the first time.

**Keywords:** Cooling degree hour, energy needs, latitude, longitude, altitude.

## 1.Giriş

Küresel bazda artan nüfus ve teknolojik gelişmeler enerjiye olan ihtiyacı da arttırmaktadır. Sanayide, konutlarda ısıtma-soğutma ve diğer ihtiyaçlar için tüketilen enerji ağırlıklı olarak fosil türü yakıtlardan karşılanmaktadır. Fosil türü yakıtların yeniden oluşumu için milyonlarca yıl geçmesi bu yakıtların her geçen gün rezervlerinin azalmasına neden olmaktadır. Bu yakıtların çeşitli proseslerde kullanılması sonucunda açığa çıkan baca gazı salınımları atmosferde bulunması gereken CO<sub>2</sub> miktarını sürekli olarak artırması dünyanın küresel olarak ısınma hızını da arttırmaktadır. Yakın gelecekte enerji kriziyle karşılaşmamak için enerji tasarrufu ve sürdürülebilir enerji konularında çalışmalar yapılması önemli gelişmelerdir. Bu konuda küresel bazda enerji analizleri yapılmaktadır.

Enerji tüketimini etkileyen en önemli parametrelerin başında iklim şartları gelmektedir. Enerji tüketimini etkileyen en önemli iklim şartlarından biri dış hava sıcaklığıdır. Her canlının yaşamını sürdürebilmesi için belli bir sıcaklık aralığı vardır[1,2].

Isıtma ve soğutma amaçlı enerji analizlerinde geçmiş yıllara ait iklim verileri en önemli parametrelerden birisidir[3,4]. Enerji analizlerinde iklim verilerinin düzenli olarak kayıt altına alınması, doğruluğu ve ulaşılabilir olması analizlerin güvenilirliği açısından önem arz etmektedir[5]. Isıtma ve soğutma amaçlı enerji ihtiyacı tahminleri düzenli olarak geçmiş yıllara ait kayıt altına alınan iklim verileriyle tahmin edilebilmektedir. Bu tahmin yöntemleri derece zaman yöntemleridir[6]. İnsan faaliyetlerinde en büyük etki, iklim parametrelerinin başında dış hava sıcaklığı gelmektedir. Dış hava sıcaklığıyla insan aktiviteleri arasında çok yakın bir ilişki vardır. Bir yerleşim birimine ait milyonlarca sıcaklık verisiyle ilgili tahmin yapıp net sonuçlar çıkarmak derece-gün (DG) yöntemiyle mümkündür[7,8].

Bu çalışmada, Ege bölgesindeki 8 il ile ait 132 ilçenin SDS değerleri temel alınarak enlem, boylam ve rakım ilişkisi Origin (2019) yazılımı yardımıyla nümerik olarak modellenmiştir.

Ege bölgesi için ilk defa yapılan bu çalışmanın literatüre katkıları;

Ege bölgesindeki 8 ilin SDS baz alınarak bölgenin rakım-SDS değeri grafiği çıkartılıp bu grafiğe eğri uydurularak bölgenin denklemi bulunmuştur. Bu denkleme eğri uydurularak regrasyon katsayısı 0,9323 olarak belirlenmiştir.



Ege bölgesindeki 8 ilin Rakım-SDS değeri yaklaşımla bu bölgedeki 132 ilçe ve bu köylerin SDS değeri ayrı ayrı olmak üzere SDS değeri 0,07 hata payıyla tahmin edilmiştir.

Bu bölgedeki her bir metre rakım farkıyla SDS değeri tahmin edilebilecektir.

## 2. Materyal Ve Yöntem

Isı kaybı hesaplamalarına zamsız ısı kaybı hesaplanarak başlanmaktadır. Daha sonra farklı zam (yükseklik zammı, işletme zammı, yön zammı) katsayıları toplanmaktadır. Bu toplam zam katsayısı zamsız ısı kaybıyla çarpılarak zamlı ısı kaybı hesaplanmaktadır. Bu zamlardan yükseklik katsayısından ortaya çıkılarak rakım SDS araştırılmıştır. Bina kat sayısı arttıkça arttırımsız ısı kaybı katsayısına bağlı olarak yükseklik zammı katsayısıyla çarpılarak kat yüksekliğinden doğan zamlı ısı kaybı bulunmaktadır. İl bazlı gerçek rakım değerleri bu çalışma için en önemli parametrelerden biridir. Bu çalışmada Ertürk'ün 79 il IDS değerleri hesaplamalarında kullanılan meteorolojik istasyonlara ait her il ile ait rakım, resmi yazıyla DMİGM' den temin edilerek gerçek rakım değerleri tespit edilmiştir.

### 2.1 Derece-Zaman Yöntemlerinin Açıklanması

Literatürde Derece Zaman hesaplamalarında kullanılan üç farklı yöntem (derece saat yöntemi, derece bin yöntemi ve derece gün yöntemi) bulunmaktadır[5]. Bu çalışma için daha hassas sonuçlar veren derece saat yöntemi kullanılmıştır.

### 2.2 Derece Zaman Yöntemi

Derece zaman yöntemi; konutların ve iklimlendirme sistemlerinin soğutma yükleri hesaplanmasında, her il için ayrı ayrı soğutma sezonları belirlenmesinde, iklimlendirme sistemleri için boru hatları boyutlandırılmasında, konutların veya illerin soğutma amaçlı enerji gereksinimi hesaplanmasında, tarım faaliyetlerinin yüksek verimde gerçekleşeceği dönemin belirlenmesinde, hangi ürünün nasıl ve nerede yetiştirileceğinin belirlenmesinde, toprak kirliliğine karşı mücadelenin hangi günlerde olacağının tahmin edilmesinde ve gübreleme dönemlerinin tayininde kullanılmaktadır[9,13]. Literatürde derece zaman yöntemi; bin, derece-gün veya derece saat yöntemi olarak da tanımlanmaktadır. Bu çalışmada derece saat yöntemi kullanılmış olup yöntem detaylı olarak açıklanmıştır.

### 2.3 Derece saat yöntemi

Bu hesaplama yönteminde denge noktasına göre derece saat değerlerinin belirlenmesi gerekmektedir. Bu hesaplamalarda en az 10 yıl geçmiş yıllara ait meteorolojik veri seti kullanılmalıdır. Çalışmada Ertürk'ün doktora tezi için kullanılan 32 yıllık meteorolojik veri setiyle ortaya konulan bu bölgenin IDSD kullanılmıştır[14]. Denge noktası sıcaklığı, bir kapalı hacimde soğutma ve ısıtma ihtiyacının bulunmadığı durumdaki dış hava sıcaklığıdır. Genellikle yalıtımsız yapılarda derece saat değerleri ısıtmada 18°C denge sıcaklığı göz önüne alınarak Denklem.1'le hesaplanabilir[8].

$$SDS = (1 \text{ saat}) \sum_{\text{saatler}} (T_{10s} - T_{dhs})^+ \quad (1)$$

Denklem 1’de + işareti sadece pozitif değerler ile hesaplama yapılacağını ifade etmektedir. Her ilin SDS değerleri dikkate alınarak, yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı(  $Q_1$ ), kWh olarak denklem 2 yardımıyla hesaplanmaktadır.

$$Q_1 = \frac{K_{top}}{\eta} IDS \left( \frac{1}{1000} \right) \quad (2)$$

Denklem 2’de toplam ısı transfer katsayısı  $K_{top}$  [W/°C], ısıtma sistemi verimi  $\eta$  , olarak verilmiştir.

#### 2.4. SDS DEĞERİYLE ENLEM, BOYLAM VE RAKIM İLİŞKİSİ

Yunanistan için yapılan çalışmada 1200 m yükseltide bulunan konutun 200 m yükseltideki konuta göre 7.4 katı daha az soğutma enerjisine ihtiyaç duyduğu ortaya konulmuştur[15].Bu çalışmayla rakımla soğutma yükleri arasındaki ters orantılı ilişki ortaya konulmuştur.

Derece saat değeri hesaplamalarında Meteoroloji Genel Müdürlüğü tarafından kayıt altına alınan il merkezli dış hava kuru termometre sıcaklıkları kullanılmaktadır. İl merkezli hesaplamalar aynı ile bağlı tüm ilçelerde de SDS değerinin aynı kabul edilmesine neden olmaktadır. Bu durum il merkezine göre yüksek rakımlı olan ilçelerde SDS değerinin büyük seçilmesine, ilçe merkezine göre küçük rakımlı ilçelerin SDS değerinin küçük seçilmesine neden olmaktadır. İzmir il merkezi için hesaplanan SDS değeri 7211 derece –saattir[14]. İzmir iline bağlı 30 ilçe vardır. Şehir merkezine göre hesaplanan SDS değerinin 30 ilçede de aynı alınması hatalı olacaktır. Bu ildeki Foça ilçesinin rakımı 9m, Karabağlar ilçesinin rakımı 522m’dir. Rakımları farklı olan ilçelerde SDS değerlerinin aynı varsayılması hatalı seçimler yapılmasına neden olacaktır. Tuna ve arkadaşları tarafından Ege bölgesindeki illerin derece saat değerleri temel alınarak enlem, boylam ve rakım ilişkisi matematiksel olarak ortaya konulmuştur. Bu modelde bölgeye ait SDS değeri rakım ilişkisi denklemi ortaya konulmuştur[16].

#### 2.5 Ege Bölgesindeki Sekiz İlin Enlem, Boylam, Rakım, Nem ve Rüzgar Hızı SDS değeri İlişkisi

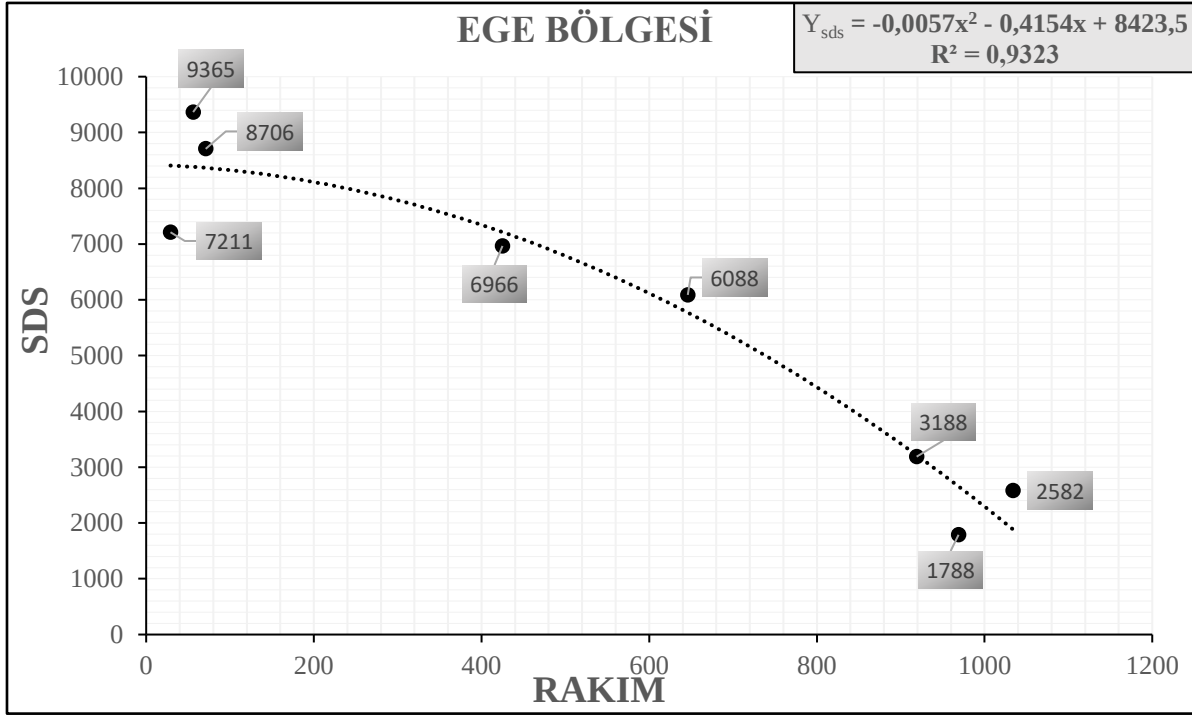
Ege Bölgesindeki illerin enlem, boylam, rakım, nem ve rüzgar hızı 250C iç ortam referans sıcaklığına göre SDS değeri ilişkisi Tablo 1’de verilmiştir. Tablo 1’de SDS değeri rakım ilişkisi dikkat çekmektedir.

Tablo.1 Enlem, Boylam, Rakım, Nem ve Rüzgar Hızı SDS değeri ilişkisi[17]

| İLLER   | ENLEM<br>[derece-dk] | BOYLAM<br>[derece-dk] | RAKIM<br>[m] | NEM<br>[%] | RÜZGAR HIZI<br>[m/s] | SDS<br>[°C-saat] |
|---------|----------------------|-----------------------|--------------|------------|----------------------|------------------|
| İZMİR   | 38,395               | 27,082                | 29           | 62,23      | 3,10                 | 7211             |
| AYDIN   | 37,840               | 27,838                | 56           | 62,13      | 1,60                 | 9365             |
| MANİSA  | 38,615               | 27,405                | 71           | 60,64      | 1,89                 | 8706             |
| DENİZLİ | 37,762               | 29,092                | 425          | 61,04      | 1,16                 | 6966             |

|         |        |        |      |       |      |      |
|---------|--------|--------|------|-------|------|------|
| MUĞLA   | 37,210 | 28,367 | 646  | 63,90 | 3,31 | 6088 |
| UŞAK    | 38,671 | 29,404 | 919  | 65,47 | 1,89 | 3188 |
| KÜTAHYA | 39,417 | 29,989 | 969  | 65,72 | 1,58 | 1788 |
| AFYON   | 38,738 | 30,560 | 1034 | 64,64 | 2,14 | 2582 |

Tablo.1'deki ilişki Şekil.1'de grafik haline getirilmiştir. Bu grafiğe eğri uydurularak Ege bölgesi için denklem.1 elde edilmiştir.



Şekil.1 Ege Bölgesindeki 8 ilin SDS-Rakım Grafiği[17]

$$Y_{ESDS} = -0,0057x^2 - 0,4154x + 8423,5 \quad (1)$$

Denklem 1'de y değeri SDS değeri, x değeri ise rakımı ifade etmektedir.

Ege bölgesindeki 8 il için elde edilen formülün regresyon katsayısı  $R^2 = 0,9323$  olarak hesaplanmıştır[17].

### 3. Ege Bölgesinde Bulunan 8 ile ait 132 İlçenin SDS Değerinin Hesaplanması

İlçe bazlı SDS değeri hesaplamaları için gerçek rakım değerleri Meteoroloji Genel Müdürlüğü web sayfasından elde edilerek Denklem 1'de yerine konmuştur. Ege bölgesindeki 132 ilçenin SDS değerleri regresyon katsayısı doğruluğunda yani yaklaşık %93 olarak tahmin edilmiştir.

#### 3.1 İzmir iline bağlı 30 ilçenin SDS değeri tahmini

Denklem 1'e İzmir iline ait 29 ilçenin SDS değeri geliştirilen yazılıma aktararak rakım- SDS değeri ilişkisi Tablo 2'de verilmiştir. Bu ilde rakımı 3m ile en düşük olan Çiğli ilçesinin SDS değerinin 8422 olduğu, 552 m ile en yüksek rakıma sahip olan Karabağlar ilçesinde ise SDS değerinin 6457 olduğu Tablo 2'de verilmiştir.

Tablo.2 İzmir İlindeki 30 ilçenin SDS Değerleri[17]

| İLÇE                | RAKIM (m) | SDS (derece-saat) |
|---------------------|-----------|-------------------|
| Çiğli               | 3         | 8422,20           |
| Dikili              | 8         | 8419,81           |
| Foça                | 9         | 8419,30           |
| Çeşme               | 10        | 8418,78           |
| Menemen             | 18        | 8414,18           |
| Aliağa              | 20        | 8412,91           |
| Selçuk              | 21        | 8412,26           |
| Seferihisar         | 27        | 8408,13           |
| Torbalı             | 35        | 8401,98           |
| Karaburun           | 57        | 8381,30           |
| Urla                | 69        | 8367,70           |
| Balçova             | 70        | 8366,49           |
| Bergama             | 70        | 8366,49           |
| Bayındır            | 74        | 8361,55           |
| Cumaovası(Menderes) | 77        | 8357,72           |
| Bornova             | 87        | 8344,22           |
| Kınık               | 90        | 8339,94           |
| Buca                | 101       | 8323,40           |
| Bayraklı            | 108       | 8312,15           |
| Tire                | 111       | 8307,16           |
| Ödemiş              | 119       | 8293,35           |
| Gaziemir            | 149       | 8235,06           |
| Konak               | 154       | 8224,35           |
| Kemalpaşa           | 205       | 8098,80           |
| Beydağ              | 216       | 8067,83           |
| Karşıyaka           | 232       | 8020,33           |
| Kiraz               | 303       | 7774,32           |
| Güzelbahçe          | 399       | 7350,31           |
| Narlıdere           | 475       | 6940,12           |
| Karabağlar          | 552       | 6457,39           |

### 3.2 Aydın iline bağlı 16 ilçenin SDS değeri tahmini

Denklem 1'e Aydın iline ait 16 ilçenin SDS değeri geliştirilen yazılıma aktarılarak rakım- SDS değeri ilişkisi Tablo 3'te verilmiştir. Bu ilde en düşük rakıma sahip Kuşadası ilçesinin SDS değerinin 8417 olduğu, 793 m ile en yüksek rakıma sahip olan Koçarlı ilçesinde ise SDS değerinin 4509 olduğu Tablo 3'te görülmektedir.

Tablo. 3 Aydın İlindeki 16 ilçenin SDS Değerleri[17]

| İLÇE                 | RAKIM (m) | SDS (derece-saat) |
|----------------------|-----------|-------------------|
| Kuşadası             | 13        | 8417,14           |
| Didim(Yenihisar)     | 44        | 8394,19           |
| İncirliova           | 46        | 8392,33           |
| Germencik            | 61        | 8376,95           |
| Yenipazar            | 63        | 8374,71           |
| Söke                 | 68        | 8368,90           |
| Köşk                 | 75        | 8360,28           |
| Nazilli              | 77        | 8357,72           |
| Çine                 | 78        | 8356,42           |
| Sultanhisar          | 89        | 8341,38           |
| Karpuzlu             | 96        | 8331,09           |
| Kuyucak              | 126       | 8280,67           |
| Buharkent(Çubukdağı) | 194       | 8128,39           |
| Bozdoğan             | 305       | 7766,56           |
| Karacasu             | 536       | 6563,26           |
| Koçarlı              | 793       | 4509,65           |

### 3.3 Manisa iline bağlı 16 ilçenin SDS değeri tahmini

Denklem 1'e Manisa iline ait 16 ilçenin SDS değeri geliştirilen yazılıma aktarılarak rakım- SDS değeri ilişkisi Tablo 4'te verilmiştir. Bu ilde en düşük rakıma sahip

Saruhan ilçesinin SDS değerinin 8396 olduğu, 882 m ile en yüksek rakıma sahip olan Demirci ilçesinde ise SDS değerinin 3622 olduğu Tablo 4'te verilmiştir.

Tablo.4 Manisa İlindeki 16 ilçenin SDS Değerleri[17]

| İLÇE          | RAKIM (m) | SDS (derece-saat) |
|---------------|-----------|-------------------|
| Saruhanlı     | 41        | 8396,89           |
| Kula          | 72        | 8364,04           |
| Manisa Merkez | 72        | 8364,04           |
| Turgutlu      | 85        | 8347,01           |
| Ahmetli       | 87        | 8344,22           |
| Akhisar       | 100       | 8324,96           |
| Salihli       | 100       | 8324,96           |
| Gölmarmara    | 103       | 8320,24           |
| Soma          | 161       | 8208,87           |
| Kırkağaç      | 183       | 8156,59           |

|           |     |         |
|-----------|-----|---------|
| Alaşehir  | 198 | 8117,79 |
| Sarıgöl   | 214 | 8073,57 |
| Köprübaşı | 253 | 7953,55 |
| Selendi   | 441 | 7131,77 |
| Gördes    | 670 | 5586,45 |
| Demirci   | 882 | 3622,95 |

### 3.4 Denizli iline bağlı 19 ilçenin SDS değeri tahmini

Denklem 1'e Denizli iline ait 19 ilçenin SDS değeri geliştirilen yazılıma aktararak rakım- SDS değeri ilişkisi Tablo 5'te verilmiştir. Bu ilde en düşük rakıma sahip Sarayköy ilçesinin SDS değerinin 8206 olduğu görülmektedir. 1288 m ile en yüksek rakıma sahip olan Çameli ilçesinde ise SDS değerinin negative değer olarak -1567 olarak hesaplandığı Tablo 5'te görülmektedir. Denizli'de bulunan ilçeler içerisinde Çameli ilçesinin soğutmaya ihtiyaç olmadığı ortaya konulmuştur.

Tablo 5 Denizli İlinde Bulunan 19 İlçenin SDS Değerleri[17]

| İLÇE           | RAKIM (m) | SDS (derece-saat) |
|----------------|-----------|-------------------|
| Sarayköy       | 162       | 8206,61           |
| Akköy          | 212       | 8079,25           |
| Denizli Merkez | 352       | 7571,03           |
| Honaz          | 563       | 6382,91           |
| Buldan         | 609       | 6056,50           |
| Beyağaç        | 693       | 5398,21           |
| Babadağ        | 717       | 5195,35           |
| Güney          | 764       | 4779,07           |
| Bekilli        | 829       | 4161,86           |
| Çivril         | 830       | 4151,99           |
| Çal            | 839       | 4062,63           |
| Bozkurt        | 855       | 3901,49           |
| Çardak         | 867       | 3778,72           |
| Acıpayam       | 935       | 3052,02           |
| Tavas          | 948       | 2907,09           |
| Serinhisar     | 956       | 2816,94           |
| Baklan         | 960       | 2771,60           |
| Kale           | 1013      | 2153,54           |
| Çameli         | 1288      | -1567,52          |

### 3.5 Muğla iline bağlı 12 ilçenin SDS değeri tahmini

Denklem 1'e Muğla iline ait 12 ilçenin SDS değeri geliştirilen yazılıma aktararak rakım- SDS değeri ilişkisi Tablo 6'da verilmiştir. Bu ilde en düşük rakıma sahip Marmaris ilçesinin SDS değerinin 8420 olduğu, 910 m ile en yüksek rakıma sahip olan Kavaklıdere ilçesinde ise SDS değerinin 3325 olduğu Tablo 6'da görülmektedir.

Tablo 6 Muğla İlinde Bulunan 11 İlçenin SDS Değerleri[17]

| İLÇE         | RAKIM (m) | SDS (derece-saat) |
|--------------|-----------|-------------------|
| Marmaris     | 6         | 8420,80           |
| Bodrum       | 8         | 8419,81           |
| Datça        | 10        | 8418,78           |
| Fethiye      | 14        | 8416,57           |
| Dalaman      | 17        | 8414,79           |
| Köyceğiz     | 18        | 8414,18           |
| Ortaca       | 28        | 8407,40           |
| Milas        | 60        | 8378,06           |
| Yatağan      | 379       | 7447,31           |
| Ula          | 606       | 6078,52           |
| Muğla Merkez | 661       | 5658,47           |
| Kavaklıdere  | 910       | 3325,32           |

### 3.6 Uşak iline bağlı 6 ilçenin SDS değeri tahmini

Denklem 1'e Uşak iline ait 6 ilçenin SDS değeri geliştirilen yazılıma aktarılarak rakım- SDS değeri ilişkisi Tablo 7'de verilmiştir. Bu ilde en soğutma ihtiyacı en fazla olan ilçe Ulubey iken en az soğutma ihtiyacı olan ilçe Sivasslı ilçesinde olacağı Tablo 7'de görülmektedir.

Tablo.7 Uşak İline Bağlı 6 İlçenin SDS Değerleri[17]

| İLÇE        | RAKIM (m) | SDS (derece-saat) |
|-------------|-----------|-------------------|
| Ulubey      | 750       | 4905,70           |
| Eşme        | 820       | 4250,19           |
| Uşak Merkez | 911       | 3314,52           |
| Banaz       | 917       | 3249,51           |
| Karahallı   | 926       | 3151,23           |
| Sivasslı    | 942       | 2974,22           |

### 3.7 Kütahya iline bağlı 15 ilçenin SDS değeri tahmini

Denklem 1'e Kütahya iline ait 15 ilçenin SDS değeri geliştirilen yazılıma aktarılarak rakım- SDS değeri ilişkisi Tablo 8'de verilmiştir. Bu ilde en düşük rakıma sahip Gediz ilçesi SDS



değeri 5065 olacağı, en yüksek rakıma sahip Dumlupınar ilçesinde ise 1230m rakımla soğutma ihtiyacının olmayacağı Tablo 8’de görülmektedir.

Tablo.8 Kütahya İline Bağlı 15 İlçenin SDS Değerleri[17]

| İLÇE           | RAKIM (m) | SDS (derece-saat) |
|----------------|-----------|-------------------|
| Gediz          | 732       | 5065,23           |
| Hisarcık       | 751       | 4896,73           |
| Tunçbilek      | 800       | 4443,18           |
| Simav          | 818       | 4269,70           |
| Tavşanlı       | 850       | 3952,16           |
| Domaniç        | 874       | 3706,35           |
| Emet           | 901       | 3421,96           |
| Pazarlar       | 925       | 3162,19           |
| Kütahya Merkez | 954       | 2839,55           |
| Şaphane        | 982       | 2518,93           |
| Çavdarhisar    | 1005      | 2248,88           |
| Altıntaş       | 1029      | 1960,66           |
| Aslanapa       | 1030      | 1948,51           |
| Dumlupınar     | 1230      | -710,97           |

### 3.8 Afyon iline bağlı 18 ilçenin SDS değeri tahmini

Denklemler 1’e Afyon iline ait 18 ilçenin SDS değeri geliştirilen yazılıma aktarılarak rakım- SDS değeri ilişkisi Tablo 9’da verilmiştir. Bu ilde en düşük rakıma sahip Gediz ilçesinde en yüksek SDS değerinin Başmakçı ilçesinde, en yüksek rakıma sahip Şuhut ilçesinde en düşük SDS değerinin olacağı Tablo 9’da görülmektedir.

Tablo.9 Afyon İline Bağlı 18 İlçenin SDS Değerleri[17]

| İLÇE       | RAKIM (m) | SDS (derece-saat) |
|------------|-----------|-------------------|
| Başmakçı   | 856       | 3891,32           |
| Dinar      | 881       | 3633,41           |
| Dazkırı    | 889       | 3549,38           |
| Evciler    | 907       | 3357,63           |
| Emirdağ    | 966       | 2703,23           |
| Çobanlar   | 992       | 2402,26           |
| Bolvadin   | 996       | 2355,27           |
| Sultandağı | 1012      | 2165,49           |

|                       |      |         |
|-----------------------|------|---------|
| Sultandağı            | 1012 | 2165,49 |
| Afyonkarahisar Merkez | 1025 | 2009,15 |
| Çay                   | 1038 | 1850,88 |
| Bayat                 | 1062 | 1553,63 |
| İscehisar             | 1079 | 1339,11 |
| Hocalar               | 1081 | 1313,65 |
| Sandıklı              | 1093 | 1159,97 |
| İhsaniye              | 1102 | 1043,63 |
| Kızılören             | 1109 | 952,50  |
| Sincanlı(Sinanpaşa)   | 1118 | 834,52  |
| Şuhut                 | 1144 | 488,49  |

#### 4. SONUÇ

Literatürde il merkezleri için SDS değerlerinin bulunması, bölgedeki 8 ile bağlı 132 ilçesinde SDS değerlerinin aynı alınmasına neden olacaktır. Bu durum soğutma sistemleri kapasiteleri ya küçük yada büyük seçilmelerine neden olacaktır. Ege Bölgesinde İzmir ili için 30, Aydın ili için 16, Manisa ili için 16, Denizli ili için 19, Muğla ili için 12, Uşak ili için 6, Kütahya ili için 14, Afyon ili için 19 adet ilçenin ve Ege Bölgesi için toplamda 132 ilçenin SDS değeri bulunmuştur. Bu çalışmayla 132 ilçeye ait SDS değerlerinin literatüre kazandırılmasıyla soğutma yüküne göre daha hassas kapasite hesaplamaları yapılabilecektir.

Denizli’de en yüksek rakıma (1288 m) sahip Çameli ilçesinde SDS değerinin negative değer olarak -711 hesaplanması bu ilçede soğutma ihtiyacının olmadığı ortaya konulmuştur. Ayrıca Kütahya’da en yüksek rakıma (1230m) sahip Dumlupınar ilçesinde SDS değerinin negative değer olarak -1567 hesaplanması bu ilçede de soğutma ihtiyacının olmadığı ilk defa bu çalışmayla ortaya konulmuştur.

#### KAYNAKLAR

- [1] Gülferi, İ., 1966., Meteorolojik Değerler Yardımıyla Kış İçin Dış Hesap Sıcaklığının Bulunmasında Kullanılacak Yeni Bir İstatistiksel Metot ve Türkiye'ye Tatbikatı, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, 143 s.
- [2] Ahrens, C.D., 1982. Meteorology Today - An Introduction to Weather, Climate and The Environment, West Pub. Co., London, 582 pp.
- [3] Bulut H, Büyükalaca O, Yılmaz T, Aktacir MA, 2002a. GAP bölgesi için detaylı iklim verileri, Harran Üniversitesi GAP IV. Mühendislik Kongresi Bildiriler Kitabı, Şanlıurfa, 183-191.
- [4] Papakostas K, Kyriakis N, 2005. Heating and cooling degree-hours for Athens and Thessaloniki, Greece, Renewable Energy, 30, 1873-1880.
- [5] Bulut H, Büyükalaca O, Yılmaz T, 2002b. New Outdoor Cooling Design Data for Turkey, Energy, 27(10), 923-946.

- [6]Durmaz A. Kadioğlu M, 2003. Heating energy requirements and fuel consumptions in the biggest city centers of Turkey”, *Energy Conversion and Management*, 44(7), 1177-1192.
- [7]Dilmaç Kesen., “A comparison of new turkish thermal insulation in building”, *Energy & Building*, 35 (2) :161-174, (2003).
- [8] Satman A., Yalcinkaya N., “Heating and cooling degree-hours for Turkey”, *Energy*, 24(10): 833–40, (1999)
- [9] Gültekin, M., L. ve Kadioğlu, M. (1997). Yapıların tesisat donanımında donma derece-gün kullanımı. *Tesisat Mühendisliği Dergisi*, 37, 53-57.
- [10] İnallı, M., Uçar, A. ve Balo, F. (2011) . Yapıların dış duvarlarında optimum yalıtım kalınlığının üç farklı metotla tespiti. *Tesisat Mühendisliği Dergisi*, 125, 5-14.
- [11] Grossman, Y.L. and Dejong, T.M. (1995). Maximum fruit growth potential and seasonal patterns of resource dynamics during peach growth. *Annals of Botany*, 75, 553-560.
- [12] Kaynaklı, Ö., Mutlu, M. ve Kılıç, M. (2012). Bina duvarlarına uygulanan ısı yalıtım kalınlığının enerji maliyeti odaklı optimizasyonu. *Tesisat Mühendisliği Dergisi*, 126 15(04), 48-54.
- [13]Lopez , G. and Dejong, T.M. (2007). Spring temperatures have a major effect on early stages of peach fruit growth. *Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, 82 (4), 507–512.
- [14]Ertürk M, 2012. Isıtma ve Soğutma Derece Saat Hesaplamalarında Farklı Bir Yöntemin Araştırılması ve Geliştirilmesi, Doktora Tezi, Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Balıkesir.
- [15]Papada, Lefkothea & Kaliampakos, Dimitris, 2016. "Developing the energy profile of mountainous areas," *Energy*, Elsevier, vol. 107(C), pages 205-214.
- [16 ]Tuna, M. S., Ermiş, K., & Ertürk, M. (2023). Enlem-Rakım-Boylam İlişkisinin Soğutma Yüküne Etkisinin Ege Bölgesi İlleri İçin Araştırılması. *Düzce Üniversitesi Bilim Ve Teknoloji Dergisi*, 11(4), 2039-2052. <https://doi.org/10.29130/dubited.1095493>
- [17]Tuna M. S, 2022. Soğutma Yüklerine Enlem, Rakım Boylam, Rüzgar Hızı ve Bağıl Nem İlişkisinin Yetmiş Dokuz İl İçin Araştırılması, Yüksek Lisans Tezi, Sakarya Uygulamalı Bilimler Üniversitesi

## İZMİR İLİ SERBEST SOĞUTMA DERECE SAAT HESAPLAMALARINDA YENİ BİR YAKLAŞIMIN İNCELENMESİ

**Mak. Müh. Salih AKTAY**

Sakarya Uygulamalı Bilimler Üniversitesi,  
Lisansüstü Eğitim Enstitüsü,  
Makine Mühendisliği Bölümü,  
23500905014@subu.edu.tr  
Orcid ID: [0009-0005-8431-9813](https://orcid.org/0009-0005-8431-9813)

**Prof. Dr. Mustafa ERTÜRK**

Sakarya Uygulamalı Bilimler Üniversitesi,  
Teknoloji Fakültesi,  
Makina Mühendisliği Bölümü,  
Sakarya, Türkiye  
mustafaerturk@subu.edu.tr  
Orcid ID: 0000-0002-0517-6940

**Özet:** Enerji tüketiminin küresel ölçekte büyük oranda fosil yakıtlarla karşılanması ve enerji talebinin sürekli artış göstermesi, fosil yakıtların gelecekte bu talebi karşılayamama sorununu beraberinde getirecektir. Bu durum, sürdürülebilir enerji tüketiminin dünya genelinde sürekli gündemde kalmasına neden olmuştur. Özellikle son 20 yılda, enerji tüketiminde ısıtma ve soğutma alanında yalıtım çalışmaları oldukça ön planda yer almıştır. Bu çalışmada, iç ortam konfor şartları korunarak, dış hava sıcaklığının iç ortam referans sıcaklığının altında olduğu durumlar belirlenmiş ve mekanik soğutma sistemleri devre dışı bırakılarak bir çözüm önerilmiştir. Dış ortam sıcaklığı, iç ortam referans sıcaklığından düşük olduğunda, bu hava içeriye alınacak ve içerideki hava dışarı atılacaktır. Bu yaklaşım, hem iç ortam sıcaklığının konfor seviyesinde kalmasını sağlayacak hem de iç hava kalitesini iyileştirecektir. Çalışmada, Devlet Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nden alınan İzmir'e ait 1980-2016 yılları arasındaki meteorolojik veriler kullanılmıştır. Bu veriler, Visual Basic tabanlı bir yazılıma aktarılmış ve son 36 yılın dış hava sıcaklık dağılımları, her ayın 24 saati için ve yıllık olarak 8760 saatlik dönem içinde analiz edilmiştir. Bu analizler sonucunda, 8760 saat içinde dış hava sıcaklığının 25°C'nin altında olduğu saatlerin aylık ve saatlik dağılımları tespit edilmiştir. Soğutma dönemine ait aylık ve sezonluk Serbest Soğutma Derece Saat Değerleri (SSDSD) hesaplanmıştır. Elde edilen sonuçlara göre, sezonluk SSDSD 13306,2 olarak bulunmuş, en yüksek SSDSD değeri ise 801,2 ile saat 04:00-05:00 arasında gerçekleşmiştir. Ayrıca, saat 06:00-07:00 arasında temmuz, ağustos, mayıs, haziran, eylül ve ekim aylarında artan bir sıralama tespit edilmiştir. Bu tahminler, soğutma sezonu boyunca serbest soğutma yönteminin uygulanmasıyla %61,31 oranında enerji tasarrufu sağlanabileceğini ortaya koymuştur. İzmir için SSDSD değerleri ilk kez bu çalışmada ortaya konulmuştur.

**Anahtar kelimeler:** İzmir, sürdürülebilir enerji, enerji tasarrufu, dış hava sıcaklığı, soğutma derece saat, serbest soğutma, serbest soğutma derece saat

## INVESTIGATION OF A NOVEL APPROACH IN FREE COOLING DEGREE HOUR CALCULATIONS FOR İZMİR PROVINCE

**Abstract:** The global energy consumption, which is largely met by fossil fuels, coupled with the continuous increase in energy demand, will lead to the issue of fossil fuels being unable to meet this demand in the future. This situation has kept the topic of sustainable energy consumption on the global agenda. Particularly in the last 20 years, insulation efforts in heating and cooling areas have become quite prominent. In this study, situations where the outdoor air temperature is lower than the indoor reference temperature were identified, and a solution was proposed by deactivating mechanical cooling systems. When the outdoor temperature is lower than the indoor reference temperature, this air will be brought inside, and the indoor air will be expelled outside. This approach will both maintain the indoor temperature at a comfortable level and improve indoor air quality. The study utilized meteorological data for Izmir from 1980 to 2016, obtained from the Turkish State Meteorological Service. These data were transferred to a Visual Basic-based software, and the outdoor temperature distributions for the last 36 years were analyzed for each hour of each month and annually, over a period of 8760 hours. As a result of these analyses, the monthly and hourly distributions of the hours when the outdoor temperature was below 25°C were determined. Monthly and seasonal Free Cooling Degree Hour Values (FCDHV) for the cooling period were calculated. The seasonal FCDHV was found to be 13,306.2, with the highest FCDHV occurring between 04:00-05:00 at 801.2. Additionally, an increasing sequence was identified between 06:00-07:00 in July, August, May, June, September, and October. These predictions revealed that applying the free cooling method throughout the cooling season could lead to an energy saving of 61.31%. For Izmir, SDSD values are presented for the first time in this study.

**Keywords:** İzmir, external air temperature distribution, cooling degree hour, free cooling, free cooling degree hour, energy saving

### 1. GİRİŞ

Küresel bazda, teknolojik gelişmelerin enerjiye bağımlı olması ve sürekli artma eğiliminde olan dünya nüfusu enerjiye olan talebi her geçen gün artırmaktadır [1]. Dünya enerji konseyi (WEC), gelecekte dünya enerji ihtiyacının karşılanması temini konusunda farklı senaryolar ortaya koymuştur. Tüm senaryolar gelişen ülkeler için sosyal ve ekonomik gelişme temin etmek için oluşturulmuştur. Bu senaryolar; 1990–2050 arasında birincil enerji tüketiminin %50 oranında artabileceği, en yüksek büyüme oranı senaryosuna göre de tüketimin %275 civarında artabileceğidir[2]. Global olarak artan enerji ihtiyacına bağlı olarak baca gazı salınımları da artmıştır. Kainatta bitki, toprak ve hayvan teneffüsü, enerji kaynağı olarak ağırlıklı olarak fosil yakıt kullanılması, ormansızlaştırma ve okyanus atmosfer etkileşimi yüzünden her yıl yaklaşık 207 milyar ton karbondioksit atmosfere salınmaktadır. Öte yandan, kara bitkilerinin fotosentezi ve yine okyanus, atmosfer etkileşimi nedeniyle de yaklaşık 204 milyar ton karbondioksit atmosferden her yıl çekilmektedir. Bu durumda yılda 3 milyar ton dolayında CO<sub>2</sub> atmosfere eklenmektedir. Her yıl atmosfere eklenen 3 milyar ton CO<sub>2</sub> küresel bazda fosil türü yakıtların kullanılması sonucunda atmosfere salınan CO<sub>2</sub>'tir. Her yıl atmosfere eklenen 3 milyar ton CO<sub>2</sub>, atmosferdeki CO<sub>2</sub> miktarını 5-10 katına çıkartarak küresel ısınma hızını artırmaktadır[3]. Artan dünya nüfusu ev, otel, restoran, okul, alışveriş merkezi, hastane vb. yerlere olan ihtiyacı sürekli

olarak artırmaktadır[4]. Üretimde emek yoğun yerine otomasyon yöntemlerinin kullanılması, ülkelerin refah seviyelerinin artması teknolojik ürünlere daha kolay ve daha ucuza erişebilme imkanı da enerjiye olan ihtiyacı artırmaktadır[5]. Türkiye’de toplam enerji tüketiminin %35’i binalarda ısıtma, soğutma, aydınlatma ve diğer faaliyetleri için sarf edilmektedir[6]. Binalarda konfor şartlarını bozmadan ısıtma ve soğutma yüklerini düşürecek serbest ısıtma ve serbest soğutma sistemleri yakın gelecekte ciddi manada yer alması düşünülmektedir[7]. Serbest soğutma sistemlerinde, iç ortam referans sıcaklığı veya entalpisi, dış ortam sıcaklığı veya entalpisi ile karşılaştırıldığında daha yüksekse, dış ortam havası doğrudan iç mekana taşınır ve ortam sıcaklığını konfor seviyesine getirmek için kullanılır[8]. Serbest soğutma yönteminin bir diğer artısı dış ortamdan alınan havanın direkt olarak iç ortama aktarılarak iç hava kalitesini de iyileştirmektedir[9]. Serbest soğutma sistemlerinin kullanıldığı yerlerde yapılan deneylere göre dünyanın çoğu yerinde iç ortamın hava kalitesinin %5-10 oranında arttırabildiği görülmüştür[10]. Bu sistemler tek başlarına soğutma yükünü karşılayamadıkları için mekanik soğutma sistemleriyle beraber çalışmak zorundadırlar[11]. Bu beraber çalışmanın faydası da mekanik soğutma sistemlerinin karşılamaya çalıştığı soğutma yükünün azalmasına ve enerji tasarrufu yapılmasına imkan vermektedir[12]. Serbest soğutma saatlerinde, yapıdaki toplam soğutma enerji ihtiyacının %27-36 arasında azaltılabileceği hesaplanmıştır[13]. Serbest soğutma sistemleri, mekanik soğutma sistemlerinin karşılayacağı soğutma yükünü azalttığı için mekanik soğutma sistemlerinin ilk yatırım, işletme ve bakım ve maliyetlerinin giderlerini düşürebilir.

Bu çalışmanın literatüre katkıları:

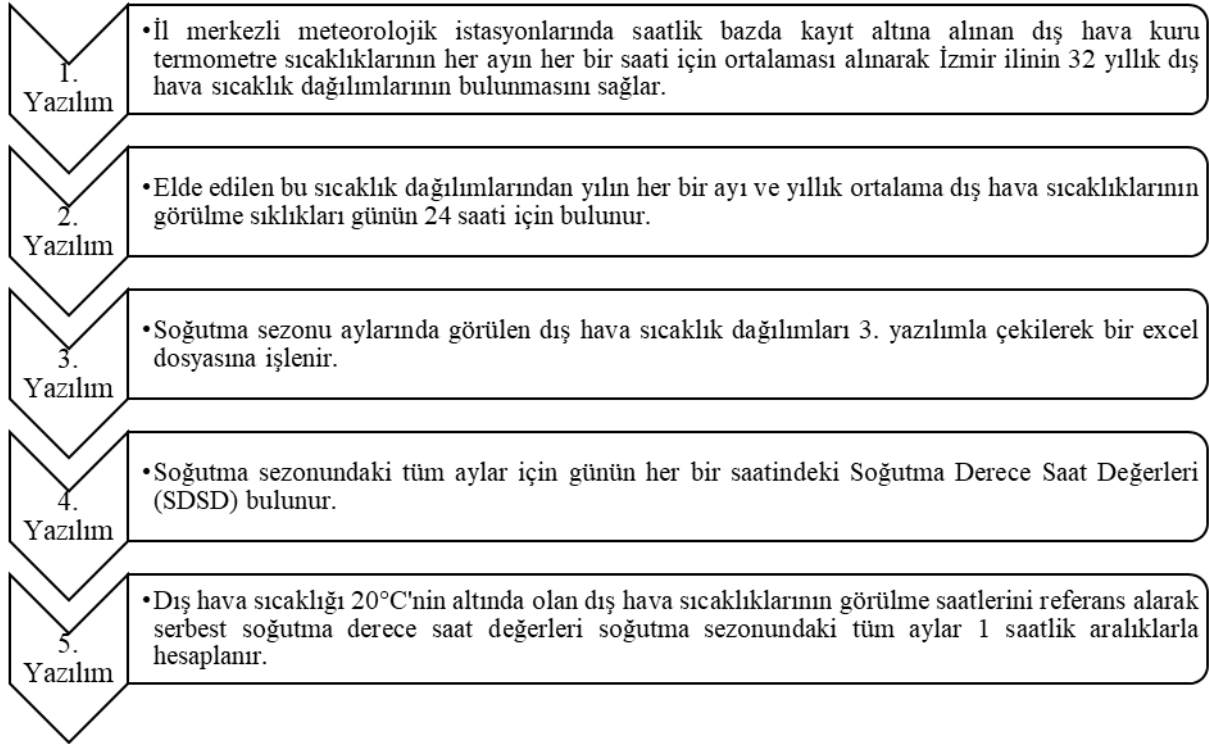
- I. İzmir ilinde yıl boyunca her ayın herhangi bir saatinde, 1°C sıcaklık farkıyla dış hava sıcaklık dağılımları aylık veri seti içerisinde (30x24=720 saat) oransal ve zaman açısından bu çalışma aracılığıyla ortaya konmuştur.
- II. İzmir ilinin soğutma mevsiminde, herhangi bir ayın herhangi bir zamanında, 1°C sıcaklık farkıyla soğutma süreleri aylık veri seti içerisinde oransal ve zaman açısından belirlenmiştir.
- III. İzmir ili için Serbest Soğutma Derece Saat Değerleri literatüre kazandırılmıştır.
- IV. İzmir ili için Serbest Soğutma Derece Saat Değerlerinin belirlenmesiyle yaz sezonu aylarının herhangi bir saat aralığındaki mevsimsel ve saatlik soğutma enerjisi tasarrufu tahmin edilebilecektir.
- V. Bu çalışma, dış hava bağlantılı soğutma sistemleri ve klima sistemleri alanında araştırmaları teşvik edecektir.

## 2. HESAPLAMA YÖNTEMİ

İnsanların yaşadığı kapalı alanlarda yaz ve kış aylarında konfor şartlarını sağlamak insan sağlığı ve verimlilikleri açısından çok önemlidir[14,15]. Kapalı alanlardaki konfor şartları ısıtma, soğutma veya iklimlendirme sistemleriyle gerçekleştirilmektedir[16]. Bu sistemlerin soğutma veya ısıtma yükleri sıcaklık ve zaman parametreleri kullanılarak hesaplanabilmektedir[17]. Bu parametrelerin kullanıldığı hesaplama yöntemleri literatürde derece-zaman yöntemleri olarak geçmektedir[18]. Derece zaman yöntemleri kış (ısıtma) ve yaz (soğutma) mevsimlerinin belirlenmesi, konutlardaki ısıtma için kullanılan yakıt miktarlarının belirlenmesi, soğutma için kullanılan enerji miktarının belirlenmesi, doğalgaz boru çaplarının belirlenmesi, dış duvar optimum yalıtım kalınlıklarının belirlenmesi, tarımda ekim ve hasat zamanlarının belirlenmesi, yumurtacı bıldırcın kümeslerinin ısıtma ve soğutma hesaplamaları, tarımda toprak verimliliğini artırmak için yapılacak mücadele zamanlamasının planlanması gibi çeşitli uygulamalarda kullanılmaktadır[19]. Derece zaman yöntemleri, ısıtma veya soğutma yükleri hesaplamaları, optimum yalıtım kalınlığı hesaplamaları için en fazla kullanılan yöntemlerdir[20].



Bu çalışmada visual basic tabanlı yazılan beş farklı programla İzmir ili için SDSD ve SSDSD ortaya konulmuştur. Çalışmada kullanılan yazılım akış şeması Şekil 1’de verilmiştir



**Şekil 1. Yazılım Akış Şeması**

## 2.1 Derece Zaman Yöntemleri

Literatürde derece-zaman hesaplamaları için üç farklı yöntem tanımlanmıştır: derece bin, derece gün ve derece saat yöntemleri. Bu çalışmada, daha hassas sonuçlar veren derece saat yöntemi kullanılmıştır.

### 2.1.1 Derece Saat Yöntemi

Derece saat yöntemi ile kapalı mahallerin ısıtma ve soğutma amaçlı enerji ihtiyaçları tahmin edilebilir[21]. Bu yöntemde ısıtma veya soğutma amaçlı gerekli olan enerjinin, dış ortam sıcaklığı ve denge noktası sıcaklığı arasındaki farkla orantılı olduğu kabul edilir. İlk adım soğutma derece saat değerlerinin hesaplandığı bir denge noktasını belirlemektir[22]. Bu denge noktasını hesaplamak için bir yıl boyunca ve birer saat arayla yapılan ölçüm değerlerine ihtiyaç vardır. Denge noktası sıcaklığı kapalı bir mahalde ısıtma ya da soğutma ihtiyacının olmadığı durumdaki dış hava sıcaklığıdır[23]. Genellikle yalıtımsız binalar için soğutma derece saat değerleri 25°C, ısıtma derece saat içinse 18°C denge sıcaklıklarına göre hesaplanır[23].

IDS ve SDS değerleri, aşağıda verilen denklem (1) ve denklem (2) ile hesaplanır.

$$IDS = (1 \text{ saat}) \sum_{\text{saatler}} (T_{ios} - T_{dhs})^+ \quad (1)$$

$$SDS = (1 \text{ saat}) \sum_{\text{saatler}} (T_{dhs} - T_{ios})^+ \quad (2)$$



Denklem (1) kullanılarak, yıllık veya aylık ısıtma enerjisi gereksinimi  $Q_1$ , denklem (2) kullanılarak ise yıllık veya aylık olarak soğutma enerjisi gereksinimini  $Q_s$  olarak ifade ederiz.  $Q_1$  ve  $Q_s$  kWh değeri cinsinden aşağıdaki denklem (3) ve denklem (4) yardımıyla bulunabilir.

$$Q_1 = \frac{K_{top}}{\eta} IDS \left( \frac{1}{1000} \right) \quad (3)$$

$$Q_s = \frac{K_{top}}{COP} SDS \left( \frac{1}{1000} \right) \quad (4)$$

## 2.2 Meteorolojik Veri Setlerinin Özellikleri

Derece zaman hesaplamalarının doğru sonuçlar verebilmesi için, saatlik olarak kaydedilmiş kuru termometre sıcaklık verilerine ihtiyaç duyulmaktadır. Veri sayısının artması, hesaplamaların doğruluğunu önemli ölçüde artırır. Genellikle, geçmişe dönük 10 yıllık saatlik sıcaklık verileri yeterli kabul edilse de bu çalışmada kullanılan 32 yıllık veri seti, hesaplamaların hassasiyetini önemli ölçüde yükseltmektedir[24]. Bu kapsamlı veri seti, Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı Meteoroloji Genel Müdürlüğü tarafından sağlanmış ve günün her saati için kuru termometre sıcaklık kayıtlarını içermektedir. Veriler, aylık 720 (30 gün x 24 saat), yıllık 8760 (12 ay x 720 saat) ve toplamda 280,320 (32 yıl x 8760 saat) saatlik sıcaklık bilgilerini kapsamaktadır. Bu geniş veri tabanı, Ertürk'ün doktora tezinde kullanmış olduğu veri tabanından yararlanılmıştır[25]. İzmir ili için hazırlanan bu uzun dönemli veri seti, derece saat hesaplamalarının doğruluğunu ve güvenilirliğini artırmada önemli bir rol oynamaktadır.

### 2.2.1 Dış hava sıcaklık dağılımları

İzmir ili için derlenen meteorolojik veri seti, dış hava sıcaklık dağılımlarını analiz etmek amacıyla kullanılmıştır. Bu veri seti, 32 yıla ait saatlik kuru termometre sıcaklıklarını içermekte olup, Excel formatında dönüştürülmüştür. Sıcaklık verileri, yazılan bilgisayar programına aktarılmış ve yılın her ayı ile günün yirmi dört saati için ayrı ayrı analiz edilmiştir. Analiz sonucunda, yıllık toplam 8760 saatlik sürede, maksimum ve minimum sıcaklık değerleri ile bu değerler arasındaki dağılımlar yüzdelik oranlarla hesaplanmıştır. Her bir ay için saat 02:00-03:00 aralığındaki sıcaklık dağılımları, 1°C'lik farklarla değerlendirilmiş ve yıllık ortalamalar Tablo 1'de sunulmuştur. Analiz, günün diğer 23 saati için de yapılmış olmasına rağmen, bildiri metnini uzatmamak için diğer saatler verilmemiştir. Tablonun ilk sütununda, 1°C aralıklarla dış hava sıcaklık (DHS) değerleri yer almaktadır. Her ay için bu sıcaklık aralıklarının görülme yüzdeleri, ilgili sütunlarda gösterilmiştir. Son sütunda ise tüm yılın on iki ayına ait ortalama yüzdeler verilmiştir. Bu tablo, İzmir için dış hava sıcaklıklarının detaylı bir şekilde anlaşılmasını sağlamaktadır.

**Tablo.1** İzmir saat 02:00-03:00 Yıllık Ortalama Dış Hava Sıcaklık Dağılımı

| İZMİR SAAT 02:00-03:00 |                                                              |       |      |       |       |         |        |         |       |      |       |        |                   |
|------------------------|--------------------------------------------------------------|-------|------|-------|-------|---------|--------|---------|-------|------|-------|--------|-------------------|
| DHS<br>(°C)            | YILLIK VE AYLIK ORTALAMA DIŞ HAVA SICAKLIK DAĞILIMI (% ADET) |       |      |       |       |         |        |         |       |      |       |        | YODHSD<br>(%ADET) |
|                        | Ocak                                                         | Şubat | Mart | Nisan | Mayıs | Haziran | Temmuz | Ağustos | Eylül | Ekim | Kasım | Aralık |                   |

|      |      |      |       |       |       |       |       |      |       |       |       |      |          |
|------|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|------|-------|-------|-------|------|----------|
| -5,5 | 0    | 0    | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0    | 0     | 0     | 0     | 0    | 0        |
| -4,5 | 0    | 0,11 | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0    | 0     | 0     | 0     | 0    | 0,009167 |
| -3,5 | 0    | 0,22 | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0    | 0     | 0     | 0     | 0    | 0,018333 |
| -2,5 | 0,4  | 0,33 | 0,1   | 0     | 0     | 0     | 0     | 0    | 0     | 0     | 0     | 0    | 0,069167 |
| -1,5 | 0,2  | 1,11 | 0,2   | 0     | 0     | 0     | 0     | 0    | 0     | 0     | 0     | 0,1  | 0,134167 |
| -0,5 | 1,41 | 1,66 | 0,3   | 0     | 0     | 0     | 0     | 0    | 0     | 0     | 0     | 0,6  | 0,330833 |
| 0,5  | 3,12 | 3,11 | 1,31  | 0     | 0     | 0     | 0     | 0    | 0     | 0     | 0     | 1,31 | 0,7375   |
| 1,5  | 4,53 | 4,33 | 1,41  | 0,1   | 0     | 0     | 0     | 0    | 0     | 0     | 0,52  | 2,31 | 1,1      |
| 2,5  | 5,63 | 6,66 | 3,02  | 0,1   | 0     | 0     | 0     | 0    | 0     | 0     | 0,52  | 3,52 | 1,620833 |
| 3,5  | 8,15 | 6,99 | 3,63  | 0,21  | 0     | 0     | 0     | 0    | 0     | 0     | 1,87  | 3,82 | 2,055833 |
| 4,5  | 8,15 | 6,44 | 4,94  | 0,42  | 0     | 0     | 0     | 0    | 0     | 0     | 2,28  | 6,03 | 2,355    |
| 5,5  | 9,15 | 8,55 | 6,55  | 1,45  | 0     | 0     | 0     | 0    | 0     | 0     | 2,8   | 7,94 | 3,036667 |
| 6,5  | 7,55 | 8,88 | 8,87  | 1,97  | 0     | 0     | 0     | 0    | 0     | 0     | 4,88  | 8,74 | 3,4075   |
| 7,5  | 9,15 | 6,55 | 8,97  | 2,8   | 0,2   | 0     | 0     | 0    | 0     | 0,5   | 5,5   | 6,73 | 3,366667 |
| 8,5  | 8,55 | 9,77 | 10,89 | 6,44  | 0,2   | 0     | 0     | 0    | 0     | 0,4   | 6,12  | 9,15 | 4,293333 |
| 9,5  | 8,65 | 7,88 | 9,48  | 9,66  | 0,5   | 0     | 0     | 0    | 0     | 2,22  | 7,16  | 8,14 | 4,474167 |
| 10,5 | 5,73 | 6,66 | 9,17  | 9,14  | 2,11  | 0,1   | 0     | 0    | 0     | 3,83  | 8,2   | 9,35 | 4,524167 |
| 11,5 | 5,03 | 7,99 | 8,06  | 12,46 | 2,31  | 0     | 0     | 0    | 0     | 4,63  | 11,1  | 8,64 | 5,018333 |
| 12,5 | 5,84 | 3,77 | 7,86  | 11,63 | 5,63  | 0,1   | 0     | 0    | 0     | 4,53  | 10,58 | 7,04 | 4,748333 |
| 13,5 | 4,12 | 4,33 | 5,65  | 11,53 | 5,93  | 0,21  | 0     | 0    | 0,11  | 7,75  | 8,61  | 6,13 | 4,530833 |
| 14,5 | 1,81 | 2,89 | 4,54  | 9,14  | 10,65 | 0,21  | 0     | 0    | 1,9   | 12,39 | 8,92  | 4,62 | 4,755833 |
| 15,5 | 1,41 | 1    | 1,92  | 7,79  | 15,38 | 1,66  | 0     | 0    | 4,65  | 14,3  | 7,37  | 2,51 | 4,8325   |
| 16,5 | 0,6  | 0,44 | 1,41  | 5,09  | 14,07 | 2,19  | 0     | 0,1  | 5,6   | 9,77  | 5,6   | 1,51 | 3,865    |
| 17,5 | 0,4  | 0    | 0,81  | 3,12  | 12,76 | 6,66  | 0,29  | 0,1  | 9,09  | 10,37 | 3,53  | 1,11 | 4,02     |
| 18,5 | 0,2  | 0,22 | 0,2   | 1,97  | 10,05 | 9,68  | 1,34  | 0,5  | 12,79 | 10,37 | 1,66  | 0,4  | 4,115    |
| 19,5 | 0,1  | 0,11 | 0,4   | 1,66  | 7,74  | 12,59 | 2,2   | 3,2  | 15,01 | 7,85  | 1,45  | 0,1  | 4,3675   |
| 20,5 | 0    | 0    | 0     | 1,45  | 5,53  | 15,92 | 3,92  | 6,9  | 17,23 | 4,13  | 0,41  | 0,1  | 4,6325   |
| 21,5 | 0,1  | 0    | 0     | 0,83  | 2,91  | 13,11 | 10,32 | 11,2 | 12,79 | 3,83  | 0,31  | 0,1  | 4,625    |
| 22,5 | 0    | 0    | 0,2   | 0,52  | 1,81  | 13,53 | 15,09 | 18,2 | 9,2   | 1,71  | 0,1   | 0    | 5,03     |
| 23,5 | 0    | 0    | 0,1   | 0,1   | 1,11  | 10,72 | 18,91 | 19,3 | 4,86  | 0,81  | 0,1   | 0    | 4,6675   |
| 24,5 | 0    | 0    | 0     | 0,1   | 0,4   | 7,28  | 17    | 16,8 | 3,38  | 0,3   | 0,1   | 0    | 3,78     |
| 25,5 | 0    | 0    | 0     | 0     | 0,3   | 3,64  | 14,14 | 11,1 | 1,9   | 0,1   | 0     | 0    | 2,598333 |
| 26,5 | 0    | 0    | 0     | 0,21  | 0     | 1,46  | 7,55  | 6,4  | 0,42  | 0,1   | 0,21  | 0    | 1,3625   |
| 27,5 | 0    | 0    | 0     | 0,1   | 0     | 0,52  | 2,48  | 3,1  | 0     | 0     | 0,1   | 0    | 0,525    |
| 28,5 | 0    | 0    | 0     | 0     | 0     | 0,21  | 0,86  | 1    | 0,11  | 0     | 0     | 0    | 0,181667 |
| 29,5 | 0    | 0    | 0     | 0     | 0     | 0,1   | 0,48  | 0,7  | 0,11  | 0     | 0     | 0    | 0,115833 |
| 30,5 | 0    | 0    | 0     | 0     | 0,1   | 0     | 0     | 0,4  | 0,53  | 0,1   | 0     | 0    | 0,094167 |
| 31,5 | 0    | 0    | 0     | 0     | 0     | 0     | 0,1   | 0,1  | 0,21  | 0     | 0     | 0    | 0,034167 |
| 32,5 | 0    | 0    | 0     | 0     | 0,2   | 0     | 3,34  | 0,1  | 0,11  | 0     | 0     | 0    | 0,3125   |
| 33,5 | 0    | 0    | 0     | 0     | 0,1   | 0,1   | 1,34  | 0,5  | 0     | 0     | 0     | 0    | 0,17     |
| 34,5 | 0    | 0    | 0     | 0     | 0     | 0     | 0,48  | 0,2  | 0     | 0     | 0     | 0    | 0,056667 |
| 35,5 | 0    | 0    | 0     | 0     | 0     | 0     | 0,19  | 0,1  | 0     | 0     | 0     | 0    | 0,024167 |
| 36,5 | 0    | 0    | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0    | 0     | 0     | 0     | 0    | 0        |

Tablo 1’de İzmir ilinin saat 02:00-03:00 arasındaki dış hava sıcaklık dağılımları aylık ve yıllık yüzdesel ortalama dağılımları görülmektedir. Elde edilen bu dağılımlar ikinci yazılım programı ile soğutma yapılmayacak aylar çıkarılarak soğutma mevsimi ayları belirlenir.

**Tablo.2** İzmir İli Soğutma Sezonu Ayları İçin Dış Hava Sıcaklık Dağılımları

| SOGUTMA DONEMI IZMIR SAAT 02:00-03:00 |
|---------------------------------------|
|---------------------------------------|

| DHS<br>(°C) | Soğutma Dönemi Ortalama Dış Hava Sıcaklık Dağılımı (% Adet) |         |        |         |       |       | Soğutma Sezonu Ayları Ortalama Dış Hava Sıcaklık Dağılımı (%Adet) |
|-------------|-------------------------------------------------------------|---------|--------|---------|-------|-------|-------------------------------------------------------------------|
|             | Mayıs                                                       | Haziran | Temmuz | Ağustos | Eylül | Ekim  |                                                                   |
| 6,5         | 0                                                           | 0       | 0      | 0       | 0     | 0     | 3,4075                                                            |
| 7,5         | 0,2                                                         | 0       | 0      | 0       | 0     | 0,5   | 3,366667                                                          |
| 8,5         | 0,2                                                         | 0       | 0      | 0       | 0     | 0,4   | 4,293333                                                          |
| 9,5         | 0,5                                                         | 0       | 0      | 0       | 0     | 2,22  | 4,474167                                                          |
| 10,5        | 2,11                                                        | 0,1     | 0      | 0       | 0     | 3,83  | 4,524167                                                          |
| 11,5        | 2,31                                                        | 0       | 0      | 0       | 0     | 4,63  | 5,018333                                                          |
| 12,5        | 5,63                                                        | 0,1     | 0      | 0       | 0     | 4,53  | 4,748333                                                          |
| 13,5        | 5,93                                                        | 0,21    | 0      | 0       | 0,11  | 7,75  | 4,530833                                                          |
| 14,5        | 10,65                                                       | 0,21    | 0      | 0       | 1,9   | 12,39 | 4,755833                                                          |
| 15,5        | 15,38                                                       | 1,66    | 0      | 0       | 4,65  | 14,3  | 4,8325                                                            |
| 16,5        | 14,07                                                       | 2,19    | 0      | 0,1     | 5,6   | 9,77  | 3,865                                                             |
| 17,5        | 12,76                                                       | 6,66    | 0,29   | 0,1     | 9,09  | 10,37 | 4,02                                                              |
| 18,5        | 10,05                                                       | 9,68    | 1,34   | 0,5     | 12,79 | 10,37 | 4,115                                                             |
| 19,5        | 7,74                                                        | 12,59   | 2,2    | 3,2     | 15,01 | 7,85  | 4,3675                                                            |
| 20,5        | 5,53                                                        | 15,92   | 3,92   | 6,9     | 17,23 | 4,13  | 4,6325                                                            |
| 21,5        | 2,91                                                        | 13,11   | 10,32  | 11,2    | 12,79 | 3,83  | 4,625                                                             |
| 22,5        | 1,81                                                        | 13,53   | 15,09  | 18,2    | 9,2   | 1,71  | 5,03                                                              |
| 23,5        | 1,11                                                        | 10,72   | 18,91  | 19,3    | 4,86  | 0,81  | 4,6675                                                            |
| 24,5        | 0,4                                                         | 7,28    | 17     | 16,8    | 3,38  | 0,3   | 3,78                                                              |
| 25,5        | 0,3                                                         | 3,64    | 14,14  | 11,1    | 1,9   | 0,1   | 2,598333                                                          |
| 26,5        | 0                                                           | 1,46    | 7,55   | 6,4     | 0,42  | 0,1   | 1,3625                                                            |
| 27,5        | 0                                                           | 0,52    | 2,48   | 3,1     | 0     | 0     | 0,525                                                             |
| 28,5        | 0                                                           | 0,21    | 0,86   | 1       | 0,11  | 0     | 0,181667                                                          |
| 29,5        | 0                                                           | 0,1     | 0,48   | 0,7     | 0,11  | 0     | 0,115833                                                          |
| 30,5        | 0,1                                                         | 0       | 0      | 0,4     | 0,53  | 0,1   | 0,094167                                                          |
| 31,5        | 0                                                           | 0       | 0,1    | 0,1     | 0,21  | 0     | 0,034167                                                          |
| 32,5        | 0,2                                                         | 0       | 3,34   | 0,1     | 0,11  | 0     | 0,3125                                                            |
| 33,5        | 0,1                                                         | 0,1     | 1,34   | 0,5     | 0     | 0     | 0,17                                                              |
| 34,5        | 0                                                           | 0       | 0,48   | 0,2     | 0     | 0     | 0,056667                                                          |
| 35,5        | 0                                                           | 0       | 0,19   | 0,1     | 0     | 0     | 0,024167                                                          |
| 36,5        | 0                                                           | 0       | 0      | 0       | 0     | 0     | 0                                                                 |

İkinci yazılımdan elde edilen sonuçlar yukarıda, Tablo 2'de sunulmuştur. Hesaplamalarda sadece saat 02:00-03:00 arasındaki sıcaklık dağılımları gösterilmiş olmasına rağmen, günün geri kalan yirmi üç saati için de hesaplamalar yapılmıştır. Bu hesaplanan dağılımlar, soğutma derece saatlerini ve serbest soğutma derece saatlerini hesaplamak için diğer yazılıma aktarılmıştır.

### 3. İZMİR İLİ İÇİN 24 SAATLİK SDSD HESAPLANMASI

Soğutma derece saat değerleri hesaplamaları için, yalıtımsız binalarda dış ortam referans sıcaklığı 25°C ve üzerinde olduğu saatlerde soğutma gereksinimi olmaktadır. Bu referans değeri baz alınarak soğutma mevsimindeki tüm aylar için Soğutma Derece Saat Değerleri (SDSD) 3. yazılımla hesaplanmıştır. Günü 24 saatini kapsayacak şekilde hesaplanan bu değerler tablo 3'te ifade edilmiştir.

**Tablo 3.** İzmir ili için Soğutma Derece Saat Değerleri (SDSD)

| SAATLER                      | İZMİR SOĞUTMA DONEMİ AYLARI SDSD<br>[Derece Saat] |         |        |         |        |       | SEZONLUK<br>SDSD<br>[Derece-Saat] |
|------------------------------|---------------------------------------------------|---------|--------|---------|--------|-------|-----------------------------------|
|                              | Mayıs                                             | Haziran | Temmuz | Ağustos | Eylül  | Ekim  |                                   |
| 00:30                        | 13,1                                              | 79,5    | 194,9  | 185,2   | 53,9   | 9,3   | 541,1                             |
| 01:30                        | 10,2                                              | 68,8    | 154,9  | 145,9   | 56,0   | 7,8   | 443,7                             |
| 02:30                        | 8,4                                               | 58,5    | 146,6  | 123,7   | 40,0   | 6,3   | 383,6                             |
| 03:30                        | 7,4                                               | 50,8    | 132,1  | 110,3   | 33,3   | 5,6   | 339,5                             |
| 04:30                        | 6,9                                               | 54,1    | 124,1  | 97,2    | 27,2   | 4,9   | 314,4                             |
| 05:30                        | 7,1                                               | 58,2    | 122,9  | 94,2    | 31,2   | 5,5   | 319,1                             |
| 06:30                        | 18,8                                              | 101,6   | 180,9  | 152,7   | 58,0   | 6,5   | 518,5                             |
| 07:30                        | 42,3                                              | 143,4   | 203,5  | 175,8   | 74,2   | 13,1  | 652,4                             |
| 08:30                        | 64,1                                              | 183,5   | 261,3  | 232,0   | 127,9  | 27,9  | 896,6                             |
| 09:30                        | 88,8                                              | 220,6   | 316,6  | 283,9   | 161,2  | 46,7  | 1117,9                            |
| 10:30                        | 119,6                                             | 255,0   | 361,4  | 306,4   | 201,5  | 71,6  | 1315,6                            |
| 11:30                        | 148,4                                             | 277,4   | 373,1  | 332,6   | 235,6  | 71,2  | 1438,3                            |
| 12:30                        | 156,4                                             | 293,3   | 381,5  | 350,6   | 255,5  | 109,5 | 1546,7                            |
| 13:30                        | 167,7                                             | 304,2   | 383,7  | 360,6   | 260,9  | 117,1 | 1594,2                            |
| 14:30                        | 164,9                                             | 300,2   | 380,6  | 377,5   | 258,9  | 110,3 | 1592,4                            |
| 15:30                        | 149,6                                             | 287,1   | 371,4  | 354,6   | 238,2  | 93,6  | 1494,6                            |
| 16:30                        | 132,1                                             | 268,1   | 354,0  | 336,0   | 206,8  | 67,6  | 1364,6                            |
| 17:30                        | 104,9                                             | 241,1   | 326,9  | 303,8   | 167,1  | 46,8  | 1190,6                            |
| 18:30                        | 76,8                                              | 206,8   | 293,6  | 262,9   | 141,8  | 33,5  | 1015,3                            |
| 19:30                        | 57,3                                              | 178,9   | 270,5  | 246,3   | 129,4  | 27,5  | 910,0                             |
| 20:30                        | 44,0                                              | 154,7   | 253,9  | 234,1   | 109,6  | 21,3  | 817,6                             |
| 21:30                        | 32,7                                              | 136,6   | 228,7  | 208,1   | 91,8   | 43,7  | 741,6                             |
| 22:30                        | 24,9                                              | 116,4   | 204,5  | 186,0   | 73,4   | 13,2  | 618,5                             |
| 23:30                        | 18,8                                              | 100,0   | 183,0  | 166,5   | 62,4   | 10,4  | 535,9                             |
| Toplam SDSD<br>[Derece-Saat] | 1665,3                                            | 4138,8  | 6204,6 | 5626,9  | 3095,8 | 971,1 | 21702,5                           |

Yukarıdaki tabloyu incelediğimizde soğutma sezonundaki her ayın saatlik periyotlardaki soğutma derece saat değerlerini görebilmekteyiz. Tablo 3'e göre soğutma ihtiyacının en yüksek olduğu ay temmuz, en düşük olduğu ayın da ekim olduğunu görebilmekteyiz.

### 3.1 İzmir İli Serbest Soğutma Derece Saat Değerlerinin Hesaplanması

Dış hava sıcaklığı, iç ortam sıcaklığının altına düştüğünde, serbest soğutma sistemleri devreye girer. Bu sistemlerde, tam havalı iklimlendirme cihazları soğutma serpantinini devre dışı bırakarak, dış ortamdan alınan taze havayı doğrudan iç mekâna iletir. Bu sayede, mekânın soğutma yükünün bir bölümü dış hava kullanılarak karşılanır. Serbest soğutma sistemlerinin etkin şekilde tasarlanabilmesi için, soğutma dönemine ait tüm aylarda, 24 saatlik dış hava sıcaklık dağılımlarının ayrıntılı bir şekilde bilinmesi büyük önem taşımaktadır.

Bu çalışmada, İzmir ili için soğutma sezonundaki her ayın her saati için dış hava sıcaklık dağılımlarının frekans analizleri gerçekleştirilmiştir. Ayrıca, belirli zaman dilimleri arasında ve her ay için dış hava sıcaklıklarına bağlı serbest soğutma süreleri hesaplanmıştır. Çalışma kapsamında, soğutma sistemlerinin çalışmaya başlamadan önceki dönemde, soğutma yükünü karşılamaya yönelik Soğutma Derece Saat Değerleri (SDSD) de belirlenmiş ve literatüre kazandırılmıştır. Bu bulgular, serbest soğutma sistemlerinin potansiyel kullanım süresi ve enerji tasarrufu sağlama kapasitesini değerlendirmek için önemli bir katkı sunmaktadır.

**Tablo 4.** İzmir ili Saat 02:00-03:00 Serbest Soğutma Dış Hava Sıcaklığı Görülme Sıklığı

| İZMİR İLİ SAAT 02:00-03:00 SERBEST SOĞUTMA DIŞ HAVA SICAKLIĞI GÖRÜLME SIKLIĞI |                                                             |         |        |         |       |       |                                                             |
|-------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------|---------|--------|---------|-------|-------|-------------------------------------------------------------|
| DHS<br>(°C)                                                                   | Soğutma Dönemi Ortalama Dış Hava Sıcaklık Dağılımı (% Adet) |         |        |         |       |       | Soğutma Dönemi Ortalama Dış Hava Sıcaklık Dağılımı (% Adet) |
|                                                                               | Mayıs                                                       | Haziran | Temmuz | Ağustos | Eylül | Ekim  |                                                             |
| 6,5                                                                           | 0                                                           | 0       | 0      | 0       | 0     | 0     | 3,4075                                                      |
| 7,5                                                                           | 0,2                                                         | 0       | 0      | 0       | 0     | 0,5   | 3,366667                                                    |
| 8,5                                                                           | 0,2                                                         | 0       | 0      | 0       | 0     | 0,4   | 4,293333                                                    |
| 9,5                                                                           | 0,5                                                         | 0       | 0      | 0       | 0     | 2,22  | 4,474167                                                    |
| 10,5                                                                          | 2,11                                                        | 0,1     | 0      | 0       | 0     | 3,83  | 4,524167                                                    |
| 11,5                                                                          | 2,31                                                        | 0       | 0      | 0       | 0     | 4,63  | 5,018333                                                    |
| 12,5                                                                          | 5,63                                                        | 0,1     | 0      | 0       | 0     | 4,53  | 4,748333                                                    |
| 13,5                                                                          | 5,93                                                        | 0,21    | 0      | 0       | 0,11  | 7,75  | 4,530833                                                    |
| 14,5                                                                          | 10,65                                                       | 0,21    | 0      | 0       | 1,9   | 12,39 | 4,755833                                                    |
| 15,5                                                                          | 15,38                                                       | 1,66    | 0      | 0       | 4,65  | 14,3  | 4,8325                                                      |
| 16,5                                                                          | 14,07                                                       | 2,19    | 0      | 0,1     | 5,6   | 9,77  | 3,865                                                       |
| 17,5                                                                          | 12,76                                                       | 6,66    | 0,29   | 0,1     | 9,09  | 10,37 | 4,02                                                        |
| 18,5                                                                          | 10,05                                                       | 9,68    | 1,34   | 0,5     | 12,79 | 10,37 | 4,115                                                       |
| 19,5                                                                          | 7,74                                                        | 12,59   | 2,2    | 3,2     | 15,01 | 7,85  | 4,3675                                                      |
| 20,5                                                                          | 5,53                                                        | 15,92   | 3,92   | 6,9     | 17,23 | 4,13  | 4,6325                                                      |

İzmir ili için 02:00-03:00 zaman aralığındaki serbest soğutma dönemine ait dış hava sıcaklık dağılım verileri, Tablo 2'den düzenlenerek Tablo 4 oluşturulmuştur. Bu tabloda, 21°C ve altındaki dış hava sıcaklıklarının görülme sıklıkları detaylı bir şekilde sunulmaktadır. Aynı analiz, günün diğer 23 saati için de gerçekleştirilmiş ve her saat dilimine özgü serbest soğutma dönemi dış hava sıcaklık dağılımları hesaplanmıştır. Tablo 4'te sunulan 02:00-03:00 zaman aralığına ait veriler, serbest soğutma dönemine dair analizlerde kullanılmak üzere beşinci yazılıma aktarılmıştır. Bu yazılım, İzmir ili için soğutma sezonunda herhangi bir ayın herhangi bir saatine veya belirli iki saat arasına ait Serbest Soğutma Derece Saat Değerlerini (SSSD) hesaplamak üzere tasarlanmıştır. Aynı işlem, günün geri kalan 23 saati için de ayrı ayrı

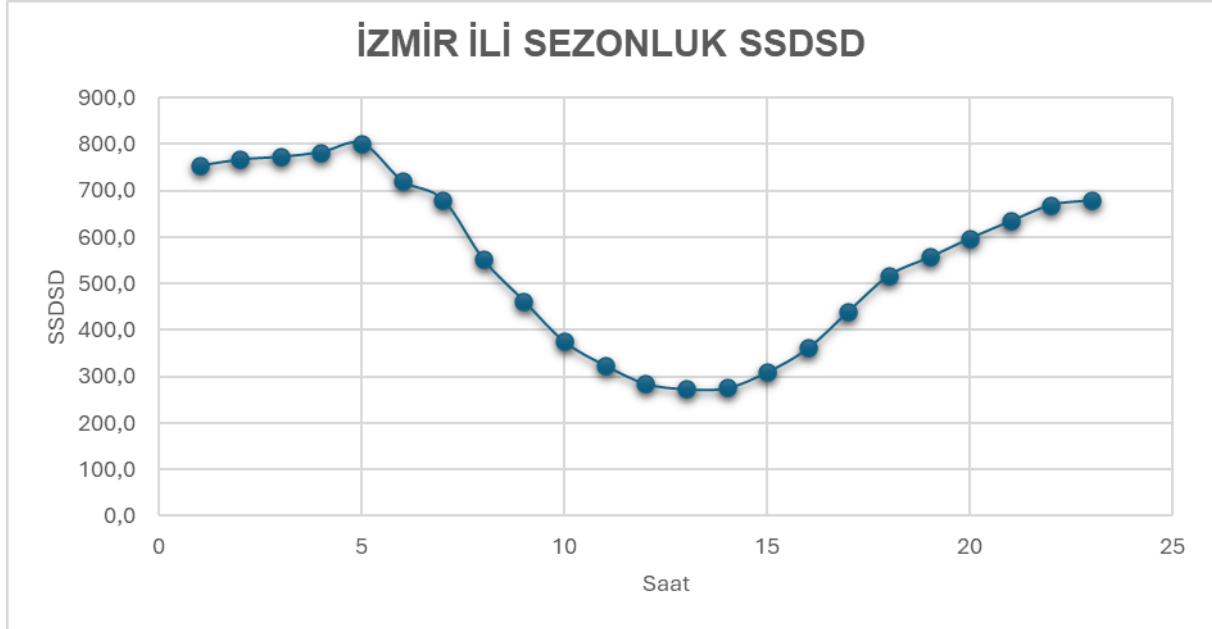
uygulanmış ve tüm sonuçlar yazılımda birleştirilmiştir. Elde edilen veriler, kapsamlı bir analiz için Tablo 5 şeklinde sunulmuştur. Bu çalışma, farklı zaman dilimlerinde serbest soğutma potansiyelinin değerlendirilmesine olanak tanıyarak enerji verimliliği için önemli bir rehber sunmaktadır.

**Tablo 5.** İzmir İlinin 24 Saati İçin Sezonluk ve Aylık Serbest Soğutma Derece Saat Değerleri

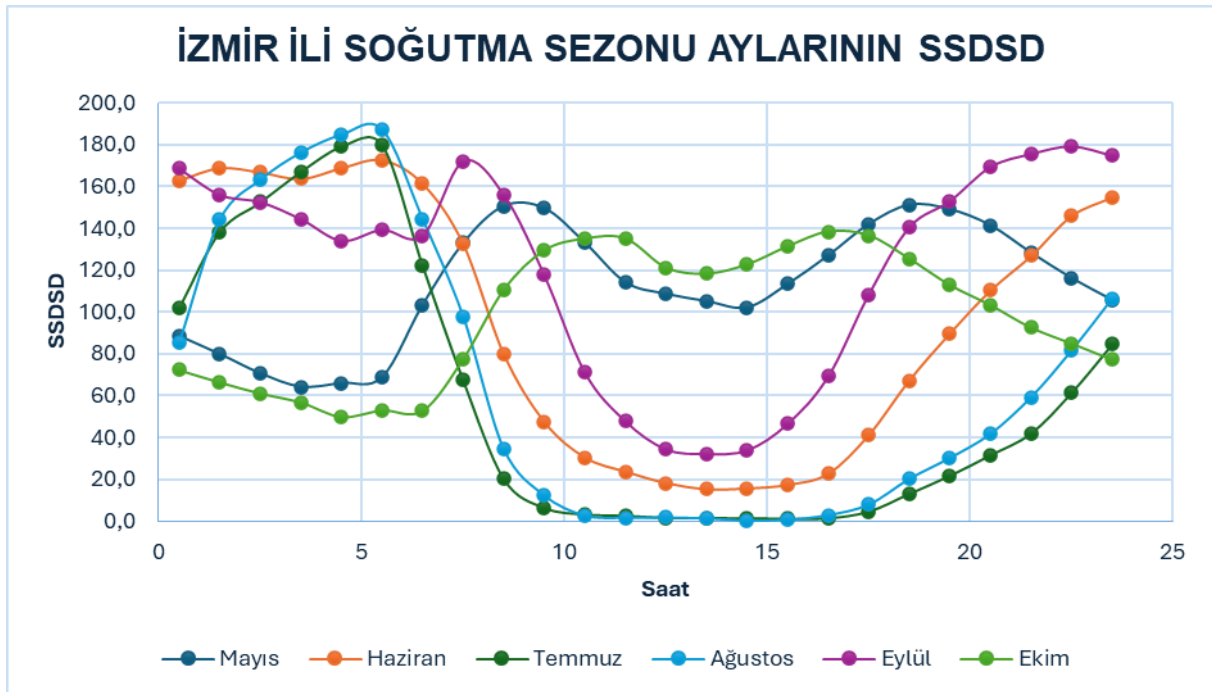
| SAATLER                                 | İZMİR İLİ İÇİN SOĞUTMA SEZONU AYLARI İÇİN<br>SDSD [Derece-Saat] |         |        |         |        |        | Serbest<br>SDSD<br>[Derece-<br>Saat] |
|-----------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|---------|--------|---------|--------|--------|--------------------------------------|
|                                         | Mayıs                                                           | Haziran | Temmuz | Ağustos | Eylül  | Ekim   | Toplam                               |
| 00:30                                   | 88,4                                                            | 163,0   | 102,1  | 85,3    | 168,6  | 72,2   | 703,8                                |
| 01:30                                   | 79,7                                                            | 168,9   | 138,5  | 144,1   | 156,1  | 66,4   | 753,7                                |
| 02:30                                   | 70,5                                                            | 166,9   | 152,6  | 163,2   | 152,6  | 61,1   | 766,9                                |
| 03:30                                   | 64,1                                                            | 163,7   | 167,2  | 176,2   | 144,5  | 56,9   | 772,6                                |
| 04:30                                   | 65,9                                                            | 168,9   | 179,3  | 184,7   | 134,1  | 50,0   | 782,9                                |
| 05:30                                   | 68,7                                                            | 172,7   | 180,1  | 187,2   | 139,4  | 53,1   | 801,2                                |
| 06:30                                   | 103,4                                                           | 161,5   | 122,3  | 144,5   | 136,6  | 52,9   | 721,1                                |
| 07:30                                   | 133,1                                                           | 132,6   | 67,4   | 97,7    | 172,1  | 77,6   | 680,6                                |
| 08:30                                   | 150,7                                                           | 80,0    | 20,3   | 34,5    | 156,2  | 110,7  | 552,3                                |
| 09:30                                   | 149,7                                                           | 47,5    | 6,5    | 12,3    | 117,6  | 129,5  | 463,1                                |
| 10:30                                   | 133,2                                                           | 30,5    | 3,3    | 2,7     | 71,1   | 135,1  | 375,9                                |
| 11:30                                   | 114,2                                                           | 23,7    | 2,7    | 1,5     | 47,8   | 135,1  | 325,1                                |
| 12:30                                   | 108,6                                                           | 18,3    | 1,6    | 1,8     | 34,4   | 121,2  | 285,9                                |
| 13:30                                   | 105,2                                                           | 15,3    | 1,6    | 1,4     | 32,2   | 118,4  | 274,1                                |
| 14:30                                   | 102,2                                                           | 15,6    | 1,5    | 0,3     | 33,9   | 122,8  | 276,3                                |
| 15:30                                   | 113,4                                                           | 17,4    | 1,3    | 0,7     | 46,6   | 131,4  | 310,8                                |
| 16:30                                   | 127,1                                                           | 22,7    | 1,5    | 2,9     | 69,2   | 138,5  | 361,8                                |
| 17:30                                   | 142,1                                                           | 41,2    | 4,7    | 7,9     | 108,4  | 136,6  | 441,0                                |
| 18:30                                   | 151,4                                                           | 67,3    | 13,2   | 20,2    | 140,6  | 125,5  | 518,2                                |
| 19:30                                   | 149,2                                                           | 89,8    | 21,8   | 30,2    | 153,1  | 112,9  | 557,1                                |
| 20:30                                   | 141,5                                                           | 110,3   | 31,7   | 41,7    | 169,4  | 103,3  | 598,0                                |
| 21:30                                   | 128,4                                                           | 126,8   | 42,0   | 59,3    | 154,4  | 34,7   | 634,6                                |
| 22:30                                   | 116,2                                                           | 146,0   | 61,4   | 81,6    | 179,2  | 85,0   | 669,5                                |
| 23:30                                   | 105,7                                                           | 154,9   | 84,6   | 106,4   | 174,9  | 77,3   | 679,7                                |
| Toplam Serbest<br>SDSD<br>[Derece-Saat] | 2712,5                                                          | 2305,7  | 1409,1 | 1588,5  | 2914,4 | 2366,1 | 13306,2                              |

Son yazılımdan elde edilen sonuçlar Tablo 5'te sunulmuştur. Bu tabloya göre, maksimum mevsimsel Serbest Soğutma Derece Saat Değeri (SSDSD) 13306,2 derece-saat, saat 04:30 ile 05:30 saatleri arasında maksimum SSDSD 801,2 gözlemlenmiştir. Soğutma sezonu boyunca, herhangi bir saat aralığındaki en yüksek SSDSD değeri ağustos ayında, 04:30 ile 05:30 arasında

ve 187,2 derece-saat olacağı, İzmir ili için soğutma sezonu boyunca hesaplanan toplam 24 saatlik SSDSD'nin en yüksek değeri ise eylül ayında 2914,4 derece-saat olacağı tahmin edilmiştir. Tablo 5'te yer alan veriler, Şekil 1'de görselleştirilmiştir. Bu şekil, İzmir ili için toplam 8760 saatlik süre boyunca, 32 yıllık dış hava sıcaklık verilerinin 5 farklı yazılımın sonuçlarına dayanarak özetlenmiş bir sunumunu sağlamaktadır.



Şekil 2. İzmir İlinin Sezonluk Serbest Soğutma Derece Saat Değerleri



Şekil 3. İzmir İlinin Soğutma Sezonundaki Ayların Serbest Soğutma Derece Saat Değerleri

İzmir ili için hesaplanan toplam Soğutma Derece Saat Değerleri (SDSD) ile toplam Serbest Soğutma Derece Saat Değerleri (SSDSD) karşılaştırmalı olarak aşağıdaki Tablo 6'da



sunulmuştur. Bu tabloda yer alan yüzdesel fark, SSDSD ve SDSD değerlerinin birbirlerine oranlanarak hesaplanmıştır. Bu karşılaştırma, serbest soğutma sistemlerinin etkinliğini değerlendirmeye ve enerji tasarrufu potansiyelini ortaya koymaya yardımcı olmaktadır.

**Tablo 6.** İzmir ili SDSD ve SSDSD Karşılaştırılması

| GÜNÜN<br>24 SAATI                     | 20 °C İÇ ORTAM REFERANS SICAKLIĞINA GÖRE<br>İZMİR SOĞUTMA DÖNEMİ AYLARI İÇİN SDSD VE SSDSD<br>[Derece-Saat] |         |        |         |        |        | SSDS<br>[Derece-<br>Saat] |
|---------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|--------|---------|--------|--------|---------------------------|
|                                       | Mayıs                                                                                                       | Haziran | Temmuz | Ağustos | Eylül  | Ekim   | Toplam                    |
| Toplam SDSD<br>[Derece-Saat]          | 1665,3                                                                                                      | 4138,8  | 6204,6 | 5626,9  | 3095,8 | 971,1  | 21702,5                   |
| Toplam<br>SSDS<br>[Derece-Saat]       | 2712,5                                                                                                      | 2305,7  | 1409,1 | 1588,5  | 2914,4 | 2366,1 | 13306,2                   |
| SDSD- SSDSD<br>arasındaki fark<br>[%] | 162,88                                                                                                      | 55,70   | 22,71  | 28,23   | 94,14  | 243,65 | 61,31                     |

İzmir ilinin Serbest Soğutma Derece Saat Değerlerinin, Soğutma Derece Saat Değerlerini karşılama oranı en fazla ekim ayında %243,65 en az temmuz ayında %22,71 ve sezonluk oranın da %61,31 olduğu Tablo 6’ da ifade edilmiştir.

#### 4. BULGULAR VE ÖNERİLER

Bu çalışmada, İzmir ili için literatüre katkı sağlamak amacıyla geliştirilen beş farklı Visual Basic tabanlı yazılım kullanılarak çeşitli analizler gerçekleştirilmiştir. İlk yazılımla, dış hava sıcaklık dağılımları (8760 saatlik sıcaklık verilerinin sıklıkları ve aylık dağılımlar) belirlenmiştir. Elde edilen veriler, ikinci yazılıma aktarılmıştır. İkinci yazılımla, İzmir ili için soğutma sezonundaki aylık dış hava sıcaklıklarının her saat için görülen sıklıkları hesaplanmıştır. Bu veriler, üçüncü yazılıma aktarılmış ve soğutma mevsimindeki her zaman dilimindeki soğutma yükleri hesaplanmıştır. Dördüncü yazılım ile, soğutma sezonundaki dış hava sıcaklıklarının her saatteki sıklıkları belirlenmiştir. Son olarak, beşinci yazılımla, soğutma sezonundaki tüm aylar için serbest soğutma derece saat değerleri (SSDS) hesaplanmış ve literatüre kazandırılmıştır. Çalışma sonucunda, İzmir ili için Soğutma Derece Saat Değeri (SDSD) 21702,5 ve Serbest Soğutma Derece Saat Değeri (SSDS) 13306,2 olarak belirlenmiştir. Ayrıca, serbest soğutma devrelerinin kullanımı sayesinde, soğutma sezonu boyunca %61,31 oranında bir enerji geri kazanımı sağlanabileceği ortaya konulmuştur. Bu sonuçlar, enerji verimliliği açısından önemli bir potansiyel sunmakta ve İzmir ili için enerji tasarrufu sağlanmasında serbest soğutma yöntemlerinin etkinliğini ortaya koymaktadır.

#### KAYNAKLAR

- [1]Ertürk, M., “İç Ortam Sıcaklığının Isıtma ve Soğutma Derece Saat Değerlerine Etkisinin Sakarya İçin Araştırılması”. Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi, 9(2), 599-605. 2021).
- [2] Nakicenovic, N.,Grübler, A., Mcdonald, A. (Eds.). “Global Energy Perspectives”, Cambridge University, 299, 1998

- [3] [http://www.haberbilgi.com/bilim/cevre/kuresel\\_isinma03.html](http://www.haberbilgi.com/bilim/cevre/kuresel_isinma03.html)
- [4] E. Yaşar and M. Ertürk. “Investigation of A Different Method In Free Heating Degree Hours Calculations for Aydın Province”. *Electronic Letters on Science and Engineering*, 19(1), 17-28.2023
- [5] M. Erturk. Z. Oktay. C. Coskun. G. A. Kilic. and A. Dasdemir. “A new approach to calculation of energy demand and amount of emission according to different indoor temperature.” *International Journal of Global Warming*. vol. 7. no. 3. pp. 395–408. 2015. doi: 10.1504/IJGW.2015.069370.
- [6] M. A. Aktacir. “Performance evaluation of different air-side economizer control methods for energy efficient building.” *Isı Bilimi ve Tekniği Dergisi*. vol. 32. no. 2. pp. 19–30. 2012. Accessed: Dec. 29. 2023. [Online]. Available: <http://search/yayin/detay/136608>
- [7] H. Asan. “Effects of wall’s insulation thickness and position on time lag and decrement factor.” *Energy Build.* vol. 28. no. 3. pp. 299–305. Nov. 1998. doi: 10.1016/S0378-7788(98)00030-9.
- [8] M. A. Aktacir. O. Büyükalaca. and T. Yılmaz. “A case study for influence of building thermal insulation on cooling load and air-conditioning system in the hot and humid regions.” *Appl Energy*. vol. 87. pp. 599–607. 2009. doi: 10.1016/j.apenergy.2009.05.008.
- [9] E. Osterman. V. Butala. and U. Stritih. “PCM thermal storage system for ‘free’ heating and cooling of buildings.” *Energy Build.* vol. 106. 2015. doi: 10.1016/j.enbuild.2015.04.012.
- [10] O. Gözcü and H. S. Erden. “Energy and economic assessment of major free cooling retrofits for data centers in Turkey.” *Turkish Journal of Electrical Engineering and Computer Sciences*. vol. 27. no. 3. pp. 2097–2212. Jan. 2019. doi: 10.3906/elk-1811-177.
- [11] W. Lyu. X. Li. W. Shi. B. Wang. and X. Huang. “A general method to evaluate the applicability of natural energy for building cooling and heating: Revised degree hours.” *Energy Build.* vol. 250. Nov. 2021. doi: 10.1016/j.enbuild.2021.111277.
- [12] “IŞIK: İklim Sistemlerinin Projelendirmesini Etkileyen... - Google Scholar.” Accessed: Jun. 27. 2024. [Online]. Available: <https://scholar.google.com/scholar?cluster=3499965672621122719&hl=en&oi=scholar>
- [13] M. Fasiuddin and I. Budaiwi. “HVAC system strategies for energy conservation in commercial buildings in Saudi Arabia.” *Energy Build.* vol. 43. no. 12. pp. 3457–3466. Dec. 2011. doi: 10.1016/J.ENBUILD.2011.09.004.
- [14] X. Xie. Z. Luo. S. Grimmond. and L. Blunn. “Use of wind pressure coefficients to simulate natural ventilation and building energy for isolated and surrounded buildings.” *Build Environ.* vol. 230. 2023. doi: 10.1016/j.buildenv.2022.109951.
- [15] V. A. A. Raj and R. Velraj. “Review on free cooling of buildings using phase change materials.” 2010. doi: 10.1016/j.rser.2010.07.004.
- [16] H. Asan and Y. S. Sancaktar. “Effects of Wall’s thermophysical properties on time lag and decrement factor.” *Energy Build.* vol. 28. no. 2. pp. 159–166. Oct. 1998. doi: 10.1016/S0378-7788(98)00007-3.
- [17] H. Asan. “Investigation of wall’s optimum insulation position from maximum time lag and minimum decrement factor point of view.” *Energy Build.* vol. 32. no. 2. pp. 197–203. Jul. 2000. doi: 10.1016/S0378-7788(00)00044-X.
- [18] E. Işık and M. Inallı. “Artificial neural networks and adaptive neuro-fuzzy inference systems approaches to forecast the meteorological data for HVAC: The case of cities for Turkey.” *Energy*. vol. 154. pp. 7–16. Jul. 2018. doi: 10.1016/J.ENERGY.2018.04.069.
- [19] C. Ghiaus and F. Allard. “Potential for free-cooling by ventilation.” *Solar Energy*. vol. 80. no. 4. pp. 402–413. Apr. 2006. doi: 10.1016/J.SOLENER.2005.05.019.

- [20] O. Büyükalaca. H. Bulut. T. Y.-A. Energy. and undefined 2001. “Analysis of variable-base heating and cooling degree-days for Turkey.” ElsevierO Büyükalaca. H Bulut. T YılmazApplied Energy. 2001•Elsevier. Accessed: Jul. 01. 2024. [Online]. Available: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0306261901000174>
- [21] K. M. Letherman and M. M. J. Al-Azawi. “Predictions of the heating and cooling energy requirements in buildings using the degree hours method.” Build Environ. vol. 21. no. 3–4. pp. 171–176. Jan. 1986. doi: 10.1016/0360-1323(86)90026-0.
- [22] H. Bulut. O. Buyukalaca. T. Y.-P. of 5th International. and undefined 2002. “Determination and application of the data used in energy estimation methods for Istanbul.” eng.harran.edu.trH Bulut. O Buyukalaca. T YilmazProceedings of 5th International HVAC&R Technology Symposium. 2002•eng.harran.edu.tr. Accessed: Jul. 01. 2024. [Online]. Available: [http://eng.harran.edu.tr/~hbulut/TTMD2002\\_English.pdf](http://eng.harran.edu.tr/~hbulut/TTMD2002_English.pdf)
- [23] F. Kreith and J. F. Kreider. “Preliminary design and economic analysis of solar-energy systems for heating and cooling of buildings.” Energy. vol. 1. no. 1. pp. 63–76. Mar. 1976. doi: 10.1016/0360-5442(76)90058-X.
- [24] G. N. Güğül. “Free Cooling Potential of Turkey for Datacenters.” Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi. vol. 0. no. 14. pp. 17–22. Dec. 2018. doi: 10.31590/EJOSAT.419027.
- [25] Ertürk M., “Isıtma ve soğutma derece saat hesaplamalarında farklı bir yöntemin araştırılması ve geliştirilmesi”. Doktora Tezi. Balıkesir Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Makina Mühendisliği, (2012).

## ADANA İLİ SERBEST SOĞUTMA DERECE SAAT HESAPLAMALARINDA YENİ BİR YAKLAŞIMIN İNCELENMESİ

**Mak. Müh. Salih AKTAY**

Sakarya Uygulamalı Bilimler Üniversitesi,  
Lisansüstü Eğitim Enstitüsü,  
Makine Mühendisliği Bölümü,  
23500905014@subu.edu.tr  
Orcid ID: [0009-0005-8431-9813](https://orcid.org/0009-0005-8431-9813)

**Prof. Dr. Mustafa ERTÜRK**

Sakarya Uygulamalı Bilimler Üniversitesi,  
Teknoloji Fakültesi,  
Makina Mühendisliği Bölümü,  
Sakarya, Türkiye  
mustafaerturk@subu.edu.tr  
Orcid ID: 0000-0002-0517-6940

**Özet:** Küresel bazda enerji tüketimi ağırlıklı olarak fosil türü yakıtlardan karşılanması ve sürekli olarak enerjiye olan talebin artması fosil enerji kaynaklarının yakın gelecekte talebi karşılamama problemini ortaya çıkaracaktır. Bu durum sürdürülebilir enerji tüketiminin küresel baz da gündemde kalmasına neden olmuştur. Bu konuda ısıtma ve soğutma amaçlı enerji tüketimiyle küresel bazda yalıtım çalışmaları son 20 yıldır sürekli olarak gündemdedir. Bu çalışmada konfor şartlarını değiştirmeden dış hava sıcaklığı iç ortam referans sıcaklığının altında olan görülme sıklıkları tespit edilerek mekanik soğutma sistemleri devre dışı bırakılarak yapılacaktır. İç ortam referans sıcaklığından düşük olan dış ortam havası iç ortama gönderilip ortam içerisindeki hava dış ortama egzoz edilecektir. Bu durum hem ortam sıcaklığının konfor şartlarda tutulmasına neden olacak hem de iç ortam havasındaki hava daha temiz bir hava haline gelecektir. Bu çalışmada Devlet Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nden Adana için temin edilen 1980-2016 yılları arasındaki meteorolojik veri seti kullanılmıştır. Bu setteki veriler Visual Basic tabanlı geliştirilen yazılımlara aktarılarak son 36 yıllık dış hava ortalama sıcaklık dağılımları her ayın 24 saati için ve yıllık ortalama dış hava sıcaklık dağılımları 8760 saat içerisinde görülme saatleri ayrı ayrı hesaplanmıştır. Bu dağılımlar kullanılarak 8760 saat içerisinde dış hava sıcaklığı 25 °C altında olan her ay için yirmi dört saatlik dış hava sıcaklık dağılımları tespit edilerek soğutma dönemi aylarının serbest soğutma derece saat değerleri soğutma dönemindeki herhangi bir ayın herhangi bir saatinde, herhangi iki zaman dilimi arasında, toplam aylık olarak ve sezonluk Serbest Soğutma Derece Saat Değerleri (SSDSD) ortaya konulmuştur. Sezonluk SSDSD'nin 10692,2 olduğu, saat 04:00- 05:00'da SSDSD'nin 850,6 olarak en yüksek değer olduğu, saat 06:00-07:00 arasında küçükten büyüğe temmuz, ağustos, mayıs, haziran, eylül ve ekim aylarında olacağı tahmin edilmiştir. Bu tahmin sonuçları soğutma mevsimi boyunca değerlendirildiğinde serbest soğutma yöntemiyle %52.5 oranında

bir enerji tasarrufu sağlanacağı, Adana için SDSD ilk defa bu çalışmayla ortaya konulmuş olacaktır.

**Anahtar kelimeler:** Adana, sürdürülebilir enerji, enerji tasarrufu, dış hava sıcaklığı, soğutma derece saat, serbest soğutma, serbest soğutma derece saat

## INVESTIGATION OF A NOVEL APPROACH IN FREE COOLING DEGREE HOUR CALCULATIONS FOR ADANA PROVINCE

**Abstract:** Global energy consumption is predominantly met by fossil fuels, and the continuous increase in energy demand is expected to lead to a shortfall in fossil energy sources in the near future. This issue has kept the topic of sustainable energy consumption at the forefront of global discussions. Over the past 20 years, global insulation efforts aimed at reducing energy consumption for heating and cooling have remained a key focus. In this study, mechanical cooling systems are deactivated by determining the frequency of occurrences where the external air temperature is lower than the indoor reference temperature, without altering comfort conditions. The cooler external air is directed indoors, and the indoor air is exhausted outdoors. This process not only maintains indoor temperatures within comfort conditions but also results in cleaner indoor air. The meteorological dataset used in this study, covering the period between 1980 and 2016, was obtained from the General Directorate of Meteorology for the city of Adana. The data were transferred into software developed using Visual Basic, and the average external air temperature distributions over the last 36 years were calculated for each hour of each month and for the annual average distribution over 8760 hours. Using these distributions, the 24-hour external air temperature distributions were determined for each month where the external air temperature remained below 25°C, and the Free Cooling Degree Hour Values (FCDHV) for the cooling season months were calculated. These values were estimated for any hour, between any two time periods, as monthly totals, and as seasonal values. The seasonal FCDHV was found to be 10692.2, with the highest seasonal FCDHV of 850.6 occurring between 04:00 and 05:00. It was also predicted that between 06:00 and 07:00, FCDHV would increase in the months of July, August, May, June, September, and October, respectively. When these results were evaluated for the entire cooling season, it was determined that a 52.5% energy saving could be achieved through the free cooling method, and the FCDHV for Adana was presented for the first time in this study.

**Keywords:** Adana, sustainable energy, energy saving, external air temperature, cooling degree hour, free cooling, free cooling degree hour

## 1. GİRİŞ

Yeryüzünde bitki, hayvan ve toprağın soluması, fosil yakıtların kullanılması, ormansızlaştırma ve okyanus atmosfer etkileşimi yüzünden her yıl yaklaşık 207 milyar ton karbondioksit

atmosfere salınmaktadır. Öte yandan, kara bitkilerinin fotosentezi ve yine okyanus, atmosfer etkileşimi nedeniyle de yaklaşık 204 milyar ton karbondioksit atmosferden her yıl çekilmektedir. Bu durumda yılda 3 milyar ton dolayında karbondioksit atmosfere eklenmektedir. Bu da aslında insanların fosil yakıt kullanımı sonucunda atmosfere salınan karbon dioksit miktarına eşit olmaktadır. Yeryüzündeki çeşitli faaliyetler için kullanılan ağırlıklı olan kullanılan fosil türü yakıt tüketiminin artması, atmosferdeki karbondioksit düzeyini 5-10 katına çıkartarak denge bozularak geçiş mevsimlerinin kalkmasına neden olmaktadır[1]. Dünya enerji konseyi (WEC), gelecekte global enerji ihtiyacı temini konusunda farklı senaryolar yayınlamıştır. Tüm senaryolar, özellikle gelişen ülkeler için sosyal ve ekonomik gelişme temin etmek için oluşturulmuştur. 1990–2050 arasında birincil enerji tüketiminin %50 oranında artabileceği ifade edilmiştir. En yüksek büyüme oranı senaryosuna göre de tüketimin %275 civarında artabileceği ortaya konmuştur[2].

Dünya genelinde, nüfus artışı ve teknolojik gelişmelerle birlikte enerjiye duyulan ihtiyaç her geçen gün artmaktadır. Global nüfus artışı, insan yaşam alanlarında (konut, otel, restoran, okul, alışveriş merkezi, hastane) ve endüstriyel faaliyetler için enerjiye olan ihtiyacı sürekli olarak artırmaktadır[3,4]. Türkiye’de 14 haziran 2000 tarihinde yeni inşa edilecek binalarda yalıtımı TS 825’in zorunlu hale getirilmesiyle 2007 yılında konut ve hizmetlerde tüketilen enerji %30 [5] iken, 2012 yılında %26’ya düşmüştür[6]. Binalarda enerji tüketimine yönelik ilk çıkartılan standart ve yönetmeliklerde ısı kayıpları en düşük düzeye çekilmeye çalışılmıştır. Daha sonrasındaki süreçte ısıtma, soğutma ve iklimlendirme sistemlerinin verimliliği üzerinde yoğunlaşmıştır. 2000’li yılların başından itibaren mevcut kaynakların gelecek nesillere yetmeyeceği fark edilerek ‘sürdürülebilirlik’ kavramıyla fosil yakıt kullanımının olabildiğince azaltımı sağlanmaya çalışılmıştır [7].

Global olarak küresel ısınma hızının artması ilkbahar ayları ve sonbahar aylarının bir kısmında soğutma ihtiyacı görülmeye başlanmıştır. Bu durum dünya klima taleplerini hızla artırması soğutma amaçlı enerji tüketim oranını da hızla artırmaktadır[8]. Isı kayıp ve kazançlarını azaltmak için TS 825 yönetmeliğiyle yalıtım ve pencerelerde çift cam uygulaması zorunlu hale getirilmiştir[9]. Binalarda soğutma amaçlı enerji tüketimini azaltmada yakın gelecekte serbest soğutma sistemleri konusunda çalışmalar yapılması zorunlu hale gelecektir[10]. Serbest soğutma sistemlerinde iç orta sıcaklığında daha düşük sıcaklıkta dış ortamdan alınan taze hava iç ortam hava kalitesini de artıracaktır[11,12]. Bu sistemlerle, mekanik soğutma sistemlerindeki kompresör yükünü azaltıp enerji tasarrufu yapılmaktadır. Dış hava sıcaklığının iç ortam sıcaklığından düşük olduğu saatlerde uygulanan serbest soğutma sistemleriyle, toplam soğutma enerji ihtiyacında %27-36 oranında tasarruf yapılabilmektedir[13].

Bu çalışmanın literatüre katkıları:

- I. Adana ilinde yıl boyunca her ayın herhangi bir saatinde, 1°C sıcaklık farkıyla dış hava sıcaklık dağılımları aylık veri seti içerisinde (30x24=720 saat) oransal ve zaman açısından bu çalışma aracılığıyla ortaya konmuştur.
- II. Adana ilinin soğutma mevsiminde, herhangi bir ayın herhangi bir zamanında, 1°C sıcaklık farkıyla soğutma süreleri aylık veri seti içerisinde oransal ve zaman açısından belirlenmiştir.
- III. Adana ili için Serbest Soğutma Derece Saat Değerleri literatüre kazandırılmıştır.



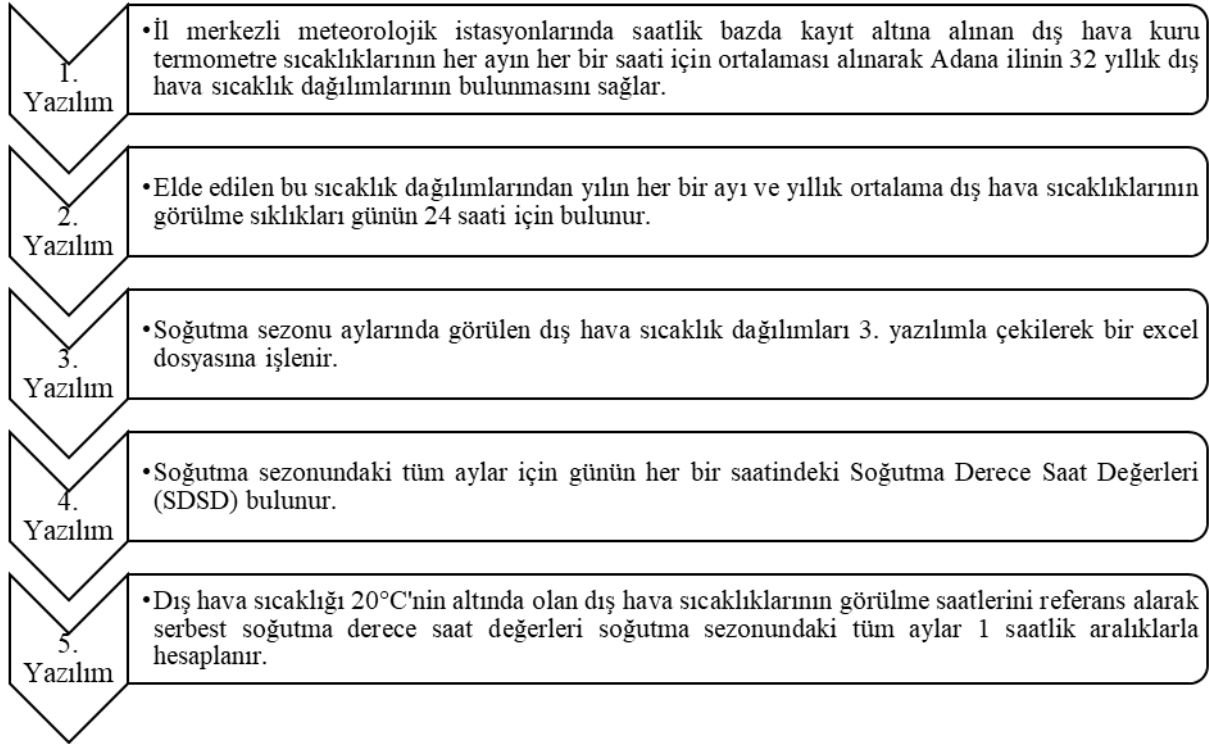
IV. Adana ili için Serbest Soğutma Derece Saat Değerlerinin belirlenmesiyle yaz sezonu aylarının herhangi bir saat aralığındaki mevsimsel ve saatlik soğutma enerjisi tasarrufu tahmin edilebilecektir.

V. Bu çalışma, dış hava bağlantılı soğutma sistemleri ve klima sistemleri alanında araştırmaları teşvik edecektir.

## 2. HESAPLAMA YÖNTEMİ

Isıtma, soğutma ve iklimlendirme sistemleri hesaplamaları için farklı oranlarda olsa da dış hava şartlarına (kuru termometre, bağıl nem)bağlıdır. Bu sistemlerin tasarım ve performans simülasyonları, gelişigüzel belirlenen bir veya birkaç yıl yerine, geçmiş yıllara ait ne kadar uzun iklim verileriyle sonuçlar o denli doğru tahmin edilmesini sağlar. İhtiyaç duyulan enerji analizleri iklim verileriyle gerçeğe yakınsamaktadır[14-15]. İklim verilerinin, doğru ve kolay ulaşılabilir olması enerji verimliliği açısından da son derece önemli parametreler olup değişik enerji analizleri için de farklı iklim verilerine ihtiyaç vardır. [16]. İklim verileriyle derece zaman değerleri tahmin edilmektedir. Bu tahminlerle binaların ısıtma ve soğutma amaçlı sezonluk, aylık, yıllık hatta saatlik enerji gereksiniminden optimum izolasyon kalınlığı hesaplanabilmektedir [17,18].Derece zaman yöntemleriyle ısıtma ve soğutma mevsimlerinin belirlenmesi, konutlarda ısıtma amaçlı yakıt tüketimi, soğutma amaçlı elektrik enerjisi tüketimi, doğalgaz boru çaplarının belirlenmesi, dış duvar optimum yalıtım kalınlıklarının belirlenmesi, tarımda ekim ve hasat zamanlarının belirlenmesi, yumurtacı bıldırcın kümeslerinin ısıtma ve soğutma hesaplamaları, tarımda toprak verimliliğini artırmak için yapılacak mücadele zamanlamasının planlanması gibi çeşitli uygulamalarda kullanılmaktadır[19]. Derece zaman yöntemleri, ısıtma veya soğutma yükleri hesaplamaları, optimum yalıtım kalınlığı hesaplamaları için en fazla kullanılan yöntemlerdir[20,21]. Bu çalışmada derece zaman yöntemlerinden biri olan derece saat metodu tercih edilmiştir. Bu yöntemler göz önüne alınarak geliştirilen Visual Basic tabanlı yazılımlar arasındaki ilişki ve elde edilen sonuçların bilgisi, bir akış şeması Şekil 1’de verilmiştir.





**Şekil 1. Yazılım Akış Şeması**

## 2.1 Derece Zaman Yöntemleri

Sıcaklık dağılımlarında her yıl değişiklikler gözlemlenmekte ve bu değişiklikler, küresel ısınmanın etkisiyle daha da belirgin hale gelmektedir. Bu nedenle, iç mekan referans sıcaklığına bağlı olarak hesaplanan Soğutma Derece Saat Değeri (SDSD) de farklılık göstermektedir. Bu hesaplamalarda en önemli parametre, en az 10 yıl boyunca kaydedilmiş dış hava kuru termometre sıcaklık verileridir. Geçmişe dayalı verilerin süresi arttıkça tahmin edilen SDSD'nin hassasiyeti de artar. Literatürde, derece zaman hesaplamalarıyla ilgili üç farklı yöntemin bulunduğu bilinmektedir: derece bin, derece gün ve derece saat yöntemleri. Bu çalışmada, en hassas yöntem olan derece saat yöntemi açıklanmıştır.

### 2.1.1 Derece Saat Yöntemi

Bu yöntemde, ısıtma veya soğutma için gerekli enerjinin, dış hava sıcaklığı ile denge noktası sıcaklığı arasındaki farkla orantılı olduğu kabul edilir. İlk adım olarak, soğutma derece saat değerlerinin hesaplanacağı bir denge noktası belirlenir[22,23]. Bu denge noktasını belirlemek için, bir yıl boyunca her saat başı kaydedilen sıcaklık ölçümlerine ihtiyaç vardır. Denge noktası sıcaklığı, kapalı bir alanda ısıtma veya soğutma ihtiyacının olmadığı anı ifade eden dış hava sıcaklığıdır[24]. Genel olarak, yalıtımsız binalar için soğutma derece saat değerleri 18°C, ısıtma derece saat değerleri ise 25°C denge sıcaklıkları baz alınarak hesaplanır.

IDS ve SDS değerleri, aşağıda verilen denklem (1) ve denklem (2) ile hesaplanır.

$$IDS = (1 \text{ saat}) \sum_{\text{saatler}} (T_{ios} - T_{dhs})^+ \quad (1)$$

$$SDS = (1 \text{ saat}) \sum_{\text{saatler}} (T_{dhs} - T_{ios})^+ \quad (2)$$

Denklem (1) kullanılarak, yıllık veya aylık ısıtma enerjisi gereksinimi  $Q_1$ , denklem (2) kullanılarak ise yıllık veya aylık olarak soğutma enerjisi gereksinimini  $Q_s$  olarak ifade ederiz.  $Q_1$  ve  $Q_s$  kWh değeri cinsinden aşağıdaki denklem (3) ve denklem (4) yardımıyla bulunabilir.

$$Q_1 = \frac{K_{top}}{\eta} IDS \left( \frac{1}{1000} \right) \quad (3)$$

$$Q_s = \frac{K_{top}}{COP} SDS \left( \frac{1}{1000} \right) \quad (4)$$

## 2.2 Meteorolojik Veri Setlerinin Özellikleri

Derece zaman hesaplamalarının doğru bir şekilde yapılabilmesi için, saatlik bazda kaydedilmiş kuru termometre sıcaklıklarına ihtiyaç vardır. Bu sıcaklıkların sayısı arttıkça yapılan hesaplamaların doğruluğu da artmaktadır[24]. Genellikle, derece saat hesaplamalarında geçmişe dönük 10 yıllık ve saatlik veriler yeterli doğruluğu sağlar. Ancak, bu çalışmada kullanılan kuru termometre sıcaklıkları, 32 yıllık bir veri setine dayanmaktadır ve bu da elde edilen sonuçların doğruluk payını önemli ölçüde yükseltir. Bu veri seti, Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı Meteoroloji Genel Müdürlüğü tarafından sağlanmış olup, günün 24 saati için saatlik kuru termometre sıcaklık kayıtlarını içermektedir. Toplamda, aylık 720 (30x24), yıllık 8760 (720x12) ve Adana ili için 280,320 (32x8760) saatlik verileri içeren 32 yıllık bu veri seti, Mustafa Ali Ertürk'ün doktora çalışması kapsamında toplanmıştır[25].

### 2.2.1 Dış hava sıcaklık dağılımları

Adana ili için elde edilen meteorolojik veri seti, dış hava sıcaklık dağılımlarını tespit etmek amacıyla kullanılmıştır. Bu veri seti, 32 yıllık kuru termometre sıcaklıklarını içerir ve bir Excel dosyasına kaydedilmiştir. Adana'ya ait bu sıcaklık verileri, bir bilgisayar programına aktarılmış ve yılın her ayı ile günün yirmi dört saati için ayrı ayrı analiz edilmiştir. Yapılan bu değerlendirmeler sonucunda, yıllık toplam 8760 saatlik süre içerisindeki maksimum ve minimum sıcaklıklar ile bu sıcaklıklar arasındaki değerlerin yüzdeleri belirlenmiştir.

Her bir ay için saat 07:00-08:00 aralığındaki 1°C'lik farklarla ortalama sıcaklık dağılımı yıllık olacak şekilde Tablo 1'de sunulmuştur. Bu dağılım günün geri kalan 23 saati için hesaplanmış olsa da yazıyı gereksiz uzatmamak için diğer 23 saatlik detaylar verilmemiştir. Bu tablonun ilk sütununda, 1°C aralıklarla Dış Hava Sıcaklığı (DHS) değerleri gösterilmekte ve her ay için aylık ortalama dış hava sıcaklıklarının toplamda görülen yüzdesi, 1°C farkla her ayın karşısındaki sütunda gösterilmektedir. Son sütunda ise on iki ayın ortalaması verilmiştir.

**Tablo.1** Adana saat 07:00-08:00 yıllık ortalama dış hava sıcaklık dağılımı

| ADANA SAAT 07:00-08:00 |                                                              |       |       |       |       |         |        |         |       |       |       |        |                   |
|------------------------|--------------------------------------------------------------|-------|-------|-------|-------|---------|--------|---------|-------|-------|-------|--------|-------------------|
| DHS<br>(°C)            | YILLIK VE AYLIK ORTALAMA DIŞ HAVA SICAKLIK DAĞILIMI (% ADET) |       |       |       |       |         |        |         |       |       |       |        | YODHSD<br>(%ADET) |
|                        | Ocak                                                         | Şubat | Mart  | Nisan | Mayıs | Haziran | Temmuz | Ağustos | Eylül | Ekim  | Kasım | Aralık |                   |
| -4,5                   | 0                                                            | 0     | 0     | 0     | 0     | 0       | 0      | 0       | 0     | 0     | 0     | 0      | 0                 |
| -3,5                   | 0                                                            | 0     | 0     | 0     | 0     | 0       | 0      | 0       | 0     | 0     | 0     | 0      | 0,0275            |
| -2,5                   | 0,16                                                         | 0,17  | 0     | 0     | 0     | 0       | 0      | 0       | 0     | 0     | 0     | 0      | 0,045             |
| -1,5                   | 0,08                                                         | 0,26  | 0     | 0     | 0     | 0       | 0      | 0       | 0     | 0     | 0     | 0,2    | 0,121667          |
| -0,5                   | 0,39                                                         | 0,68  | 0,09  | 0     | 0     | 0       | 0      | 0       | 0     | 0     | 0     | 0,3    | 0,279167          |
| 0,5                    | 1,09                                                         | 1,28  | 0,18  | 0     | 0     | 0       | 0      | 0       | 0     | 0     | 0     | 0,8    | 0,496667          |
| 1,5                    | 2,49                                                         | 2,3   | 0,37  | 0     | 0     | 0       | 0      | 0       | 0     | 0     | 0,1   | 0,7    | 0,696667          |
| 2,5                    | 2,72                                                         | 2,47  | 0,46  | 0     | 0     | 0       | 0      | 0       | 0     | 0     | 0,19  | 2,52   | 1,055833          |
| 3,5                    | 5,44                                                         | 3,15  | 0,37  | 0     | 0     | 0       | 0      | 0       | 0     | 0     | 0,29  | 3,42   | 1,715833          |
| 4,5                    | 8,09                                                         | 5,28  | 1,11  | 0     | 0     | 0       | 0      | 0       | 0     | 0     | 0,58  | 5,53   | 2,24              |
| 5,5                    | 8,86                                                         | 5,7   | 1,94  | 0,1   | 0     | 0       | 0      | 0       | 0     | 0     | 2,33  | 7,95   | 2,449167          |
| 6,5                    | 7,62                                                         | 6,72  | 2,95  | 0,2   | 0     | 0       | 0      | 0       | 0     | 0     | 2,14  | 9,76   | 3,2125            |
| 7,5                    | 9,49                                                         | 9,28  | 6,09  | 0     | 0     | 0       | 0      | 0       | 0     | 0     | 2,52  | 11,17  | 3,930833          |
| 8,5                    | 10,11                                                        | 12    | 7,01  | 0,1   | 0     | 0       | 0      | 0       | 0     | 0     | 4,47  | 13,48  | 3,8175            |
| 9,5                    | 9,56                                                         | 8,68  | 10,79 | 0,9   | 0     | 0       | 0      | 0       | 0     | 0     | 6,02  | 9,86   | 4,0075            |
| 10,5                   | 5,52                                                         | 8,6   | 11,35 | 1,6   | 0     | 0       | 0      | 0       | 0     | 0,4   | 8,45  | 12,17  | 3,365833          |
| 11,5                   | 2,88                                                         | 4,51  | 12,82 | 2,5   | 0     | 0       | 0      | 0       | 0     | 0,5   | 9,03  | 8,15   | 3,373333          |
| 12,5                   | 1,56                                                         | 2,55  | 10,98 | 5,79  | 0,2   | 0       | 0      | 0       | 0     | 1,3   | 11,26 | 6,84   | 3,164167          |
| 13,5                   | 0,78                                                         | 1,62  | 8,67  | 8,89  | 0,7   | 0       | 0      | 0       | 0     | 2,3   | 10,58 | 4,43   | 3,165             |
| 14,5                   | 0                                                            | 1,02  | 7,1   | 12,19 | 1,2   | 0       | 0      | 0       | 0     | 3,6   | 11,36 | 1,51   | 3,053333          |
| 15,5                   | 0,31                                                         | 0,34  | 3,69  | 14,79 | 2,5   | 0       | 0      | 0       | 0     | 5,19  | 9,22  | 0,6    | 3,293333          |
| 16,5                   | 5,6                                                          | 0,34  | 2,4   | 12,19 | 4     | 0       | 0      | 0       | 0,1   | 7,79  | 6,8   | 0,3    | 4,0775            |
| 17,5                   | 6,45                                                         | 7,06  | 1,85  | 11,69 | 5,79  | 0,1     | 0      | 0       | 0,31  | 11,79 | 3,79  | 0,1    | 3,97              |
| 18,5                   | 5,13                                                         | 5,62  | 0,74  | 9,89  | 10,59 | 0,41    | 0      | 0       | 1,34  | 11,49 | 2,43  | 0      | 3,83              |
| 19,5                   | 5,68                                                         | 6,21  | 0,37  | 6,19  | 11,89 | 0,72    | 0      | 0       | 1,54  | 12,19 | 1,07  | 0,1    | 3,5225            |
| 20,5                   | 0                                                            | 4,17  | 0     | 3,4   | 14,99 | 1,54    | 0,1    | 0       | 3,19  | 14,39 | 0,39  | 0,1    | 3,455833          |
| 21,5                   | 0                                                            | 0     | 0     | 1,9   | 13,89 | 4,74    | 0      | 0,1     | 8,55  | 12,29 | 0     | 0      | 3,486667          |
| 22,5                   | 0                                                            | 0     | 0     | 1,9   | 12,09 | 8,34    | 0,2    | 0,1     | 10,92 | 8,19  | 0,1   | 0      | 3,746667          |
| 23,5                   | 0                                                            | 0     | 0,18  | 0,8   | 8,49  | 14,62   | 0,3    | 0,7     | 16,37 | 3,4   | 0,1   | 0      | 4,738333          |
| 24,5                   | 0                                                            | 0     | 3,6   | 0,5   | 5,69  | 22,35   | 2,2    | 2,4     | 18,02 | 2,1   | 0     | 0      | 5,74              |
| 25,5                   | 0                                                            | 0     | 2,68  | 0,3   | 3,7   | 20,7    | 11,41  | 11,81   | 16,89 | 1,2   | 0,19  | 0      | 7,08              |
| 26,5                   | 0                                                            | 0     | 0,92  | 0,1   | 1,6   | 14,93   | 25,23  | 24,82   | 12,87 | 0,7   | 3,79  | 0      | 6,610833          |
| 27,5                   | 0                                                            | 0     | 1,29  | 0     | 1,2   | 6,8     | 33,03  | 28,53   | 5,46  | 0,2   | 2,82  | 0      | 3,730833          |
| 28,5                   | 0                                                            | 0     | 0     | 0     | 0,5   | 2,06    | 18,02  | 21,52   | 2,57  | 0,1   | 0     | 0      | 1,3375            |
| 29,5                   | 0                                                            | 0     | 0     | 0,2   | 0     | 0,82    | 6,31   | 7,81    | 0,41  | 0,5   | 0     | 0      | 0,626667          |
| 30,5                   | 0                                                            | 0     | 0     | 3,9   | 0,1   | 0,31    | 1,6    | 1,1     | 0,21  | 0,3   | 0     | 0      | 0,134167          |
| 31,5                   | 0                                                            | 0     | 0     | 0     | 0,5   | 0,31    | 0,4    | 0,2     | 0,1   | 0,1   | 0     | 0      | 0,0925            |
| 32,5                   | 0                                                            | 0     | 0     | 0     | 0,3   | 0,1     | 0,2    | 0       | 0,51  | 0     | 0     | 0      | 0,0675            |
| 33,5                   | 0                                                            | 0     | 0     | 0     | 0,1   | 0,51    | 0,1    | 0,1     | 0     | 0     | 0     | 0      | 0,025             |
| 34,5                   | 0                                                            | 0     | 0     | 0     | 0     | 0       | 0,2    | 0       | 0,1   | 0     | 0     | 0      | 0,0675            |
| 35,5                   | 0                                                            | 0     | 0     | 0     | 0     | 0,1     | 0,1    | 0,1     | 0,51  | 0     | 0     | 0      | 0,0925            |
| 36,5                   | 0                                                            | 0     | 0     | 0     | 0     | 0,51    | 0,5    | 0,1     | 0     | 0     | 0     | 0      | 0,041667          |
| 37,5                   | 0                                                            | 0     | 0     | 0     | 0     | 0       | 0      | 0,5     | 0     | 0     | 0     | 0      | 0,008333          |
| 38,5                   | 0                                                            | 0     | 0     | 0     | 0     | 0       | 0,1    | 0       | 0     | 0     | 0     | 0      | 0,008333          |
| 39,5                   | 0                                                            | 0     | 0     | 0     | 0     | 0       | 0      | 0,1     | 0     | 0     | 0     | 0      | 0,0275            |

|      |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
|------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 40,5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
|------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|

Tablo 1’de Adana ilinin saat 07:00-08:00 arasındaki dış hava sıcaklık dağılımları aylık ve yıllık yüzdesel ortalama dağılımları görülmektedir. Elde edilen bu dağılımlar ikinci yazılım programı ile soğutma yapılmayacak ayların dağılımları ayıklanır.

**Tablo.2** Adana ili soğutma sezonu ayları için dış hava sıcaklık dağılımları

| SOĞUTMA DÖNEMİ ADANA SAAT 07:00-08:00 |                                                             |         |        |         |       |       |                                                                            |
|---------------------------------------|-------------------------------------------------------------|---------|--------|---------|-------|-------|----------------------------------------------------------------------------|
| DHS<br>(°C)                           | Soğutma Dönemi Ortalama Dış Hava Sıcaklık Dağılımı (% Adet) |         |        |         |       |       | Soğutma Sezonu Ayları<br>Ortalama Dış Hava<br>Sıcaklık Dağılımı<br>(%Adet) |
|                                       | Mayıs                                                       | Haziran | Temmuz | Ağustos | Eylül | Ekim  |                                                                            |
| 9,5                                   | 0                                                           | 0       | 0      | 0       | 0     | 0     | 0                                                                          |
| 10,5                                  | 0                                                           | 0       | 0      | 0       | 0     | 0,4   | 3,365833                                                                   |
| 11,5                                  | 0                                                           | 0       | 0      | 0       | 0     | 0,5   | 3,373333                                                                   |
| 12,5                                  | 0,2                                                         | 0       | 0      | 0       | 0     | 1,3   | 3,164167                                                                   |
| 13,5                                  | 0,7                                                         | 0       | 0      | 0       | 0     | 2,3   | 3,165                                                                      |
| 14,5                                  | 1,2                                                         | 0       | 0      | 0       | 0     | 3,6   | 3,053333                                                                   |
| 15,5                                  | 2,5                                                         | 0       | 0      | 0       | 0     | 5,19  | 3,293333                                                                   |
| 16,5                                  | 4                                                           | 0       | 0      | 0       | 0,1   | 7,79  | 4,0775                                                                     |
| 17,5                                  | 5,79                                                        | 0,1     | 0      | 0       | 0,31  | 11,79 | 3,97                                                                       |
| 18,5                                  | 10,59                                                       | 0,41    | 0      | 0       | 1,34  | 11,49 | 3,83                                                                       |
| 19,5                                  | 11,89                                                       | 0,72    | 0      | 0       | 1,54  | 12,19 | 3,5225                                                                     |
| 20,5                                  | 14,99                                                       | 1,54    | 0,1    | 0       | 3,19  | 14,39 | 3,455833                                                                   |
| 21,5                                  | 13,89                                                       | 4,74    | 0      | 0,1     | 8,55  | 12,29 | 3,486667                                                                   |
| 22,5                                  | 12,09                                                       | 8,34    | 0,2    | 0,1     | 10,92 | 8,19  | 3,746667                                                                   |
| 23,5                                  | 8,49                                                        | 14,62   | 0,3    | 0,7     | 16,37 | 3,4   | 4,738333                                                                   |
| 24,5                                  | 5,69                                                        | 22,35   | 2,2    | 2,4     | 18,02 | 2,1   | 5,74                                                                       |
| 25,5                                  | 3,7                                                         | 20,7    | 11,41  | 11,81   | 16,89 | 1,2   | 7,08                                                                       |
| 26,5                                  | 1,6                                                         | 14,93   | 25,23  | 24,82   | 12,87 | 0,7   | 6,610833                                                                   |
| 27,5                                  | 1,2                                                         | 6,8     | 33,03  | 28,53   | 5,46  | 0,2   | 3,730833                                                                   |
| 28,5                                  | 0,5                                                         | 2,06    | 18,02  | 21,52   | 2,57  | 0,1   | 1,3375                                                                     |
| 29,5                                  | 0                                                           | 0,82    | 6,31   | 7,81    | 0,41  | 0,5   | 0,626667                                                                   |
| 30,5                                  | 0,1                                                         | 0,31    | 1,6    | 1,1     | 0,21  | 0,3   | 0,134167                                                                   |
| 31,5                                  | 0,5                                                         | 0,31    | 0,4    | 0,2     | 0,1   | 0,1   | 0,0925                                                                     |
| 32,5                                  | 0,3                                                         | 0,1     | 0,2    | 0       | 0,51  | 0     | 0,0675                                                                     |
| 33,5                                  | 0,1                                                         | 0,51    | 0,1    | 0,1     | 0     | 0     | 0,025                                                                      |
| 34,5                                  | 0                                                           | 0       | 0,2    | 0       | 0,1   | 0     | 0,0675                                                                     |
| 35,5                                  | 0                                                           | 0,1     | 0,1    | 0,1     | 0,51  | 0     | 0,0925                                                                     |
| 36,5                                  | 0                                                           | 0,51    | 0,5    | 0,1     | 0     | 0     | 0,041667                                                                   |
| 37,5                                  | 0                                                           | 0       | 0      | 0,5     | 0     | 0     | 0,008333                                                                   |
| 38,5                                  | 0                                                           | 0       | 0,1    | 0       | 0     | 0     | 0,008333                                                                   |
| 39,5                                  | 0                                                           | 0       | 0      | 0,1     | 0     | 0     | 0,0275                                                                     |
| 40,5                                  | 0                                                           | 0       | 0      | 0       | 0     | 0     | 0                                                                          |

İkinci yazılımdan elde edilen sonuçlar yukarıda, Tablo 2’de sunulmuştur. Hesaplamalarda sadece saat 07:00-08:00 arasındaki sıcaklık dağılımları gösterilmiş olmasına rağmen, günün

geri kalan yirmi üç saati için de hesaplamalar yapılmıştır. Bu hesaplanan dağılımlar, soğutma derece saatlerini ve serbest soğutma derece saatlerini hesaplamak için diğer yazılıma aktarılmıştır.

### 3. ADANA İLİ İÇİN 24 SAATLİK SDSD HESAPLANMASI

Soğutma derece saat değerleri hesaplanırken, yalıtımsız binalarda dış ortam referans sıcaklığı 20°C ve üzeri olduğunda bu değerler dikkate alınır. Bu referans sıcaklık, TS 825 yalıtım yönetmeliklerine göre belirlenmektedir. Bu referans sıcaklığına dayalı olarak, soğutma mevsimindeki tüm aylar için Soğutma Derece Saat Değerleri (SDSD) 3. yazılımla hesaplanmıştır. Günü 24 saatini kapsayacak şekilde yapılan bu hesaplamalar, Tablo 3'te sunulmuştur.

**Tablo 3.** Adana ili için Soğutma Derece Saat Değerleri (SDSD)

| SAATLER                      | ADANA SOĞUTMA DÖNEMİ AYLARI SDSD<br>[Derece Saat] |         |        |         |        |        | SEZONLUK SDSD<br>[Derece-Saat] |
|------------------------------|---------------------------------------------------|---------|--------|---------|--------|--------|--------------------------------|
|                              | Mayıs                                             | Haziran | Temmuz | Ağustos | Eylül  | Ekim   |                                |
| 00:30                        | 7,9                                               | 36,2    | 140,8  | 115,0   | 70,8   | 22,5   | 393,1                          |
| 01:30                        | 5,4                                               | 40,9    | 121,9  | 120,2   | 54,0   | 28,9   | 371,2                          |
| 02:30                        | 7,9                                               | 30,9    | 139,0  | 115,0   | 62,5   | 3,4    | 358,6                          |
| 03:30                        | 6,5                                               | 44,5    | 115,8  | 124,5   | 40,5   | 13,5   | 345,2                          |
| 04:30                        | 1,0                                               | 13,0    | 76,3   | 80,5    | 26,9   | 12,0   | 209,6                          |
| 05:30                        | 9,3                                               | 48,7    | 107,5  | 90,9    | 31,5   | 8,7    | 352,9                          |
| 06:30                        | 15,9                                              | 59,0    | 135,6  | 122,7   | 38,0   | 5,2    | 376,5                          |
| 07:30                        | 22,6                                              | 89,9    | 167,1  | 162,1   | 80,0   | 9,2    | 531,0                          |
| 08:30                        | 22,6                                              | 89,9    | 167,1  | 162,1   | 80,0   | 38,8   | 560,5                          |
| 09:30                        | 117,2                                             | 185,2   | 258,4  | 260,1   | 246,0  | 128,8  | 1195,7                         |
| 10:30                        | 136,3                                             | 223,1   | 300,6  | 303,7   | 263,7  | 141,7  | 1369,1                         |
| 11:30                        | 152,6                                             | 255,1   | 331,7  | 336,3   | 300,0  | 174,7  | 1550,4                         |
| 12:30                        | 165,5                                             | 273,3   | 352,5  | 352,6   | 320,7  | 192,5  | 1657,0                         |
| 13:30                        | 173,2                                             | 273,0   | 356,9  | 362,3   | 332,3  | 203,6  | 1701,4                         |
| 14:30                        | 164,7                                             | 260,5   | 343,8  | 343,9   | 316,8  | 194,1  | 1623,7                         |
| 15:30                        | 148,1                                             | 244,6   | 326,2  | 323,5   | 287,9  | 169,2  | 1499,5                         |
| 16:30                        | 125,2                                             | 231,7   | 312,6  | 305,7   | 253,7  | 128,2  | 1357,1                         |
| 17:30                        | 93,8                                              | 189,0   | 271,3  | 260,1   | 195,6  | 74,4   | 1084,2                         |
| 18:30                        | 66,4                                              | 143,0   | 225,1  | 209,3   | 141,4  | 40,6   | 825,8                          |
| 19:30                        | 41,2                                              | 106,0   | 194,0  | 180,6   | 115,0  | 24,7   | 661,6                          |
| 20:30                        | 24,9                                              | 87,9    | 185,0  | 164,2   | 100,8  | 31,0   | 593,7                          |
| 21:30                        | 18,9                                              | 70,0    | 153,7  | 159,7   | 84,5   | 15,0   | 501,6                          |
| 22:30                        | 15,1                                              | 61,7    | 144,9  | 146,6   | 64,8   | 12,7   | 445,8                          |
| 23:30                        | 21,3                                              | 61,6    | 148,4  | 129,6   | 70,2   | 8,4    | 439,4                          |
| Toplam SDSD<br>[Derece-Saat] | 1563,3                                            | 3118,7  | 5076,1 | 4931,1  | 3577,5 | 1681,9 | 20004,8                        |

Tablo3'te soğutma mevsimindeki her ayın her saatindeki yani 24 saat için ayrı ayrı olmak üzere SDSD verilmiştir. Tablo 3'e göre soğutma ihtiyacının en yüksek olduğu ay temmuz, en düşük olduğu ayın da mayıs olduğunu görülmektedir.

### 3.1 Adana İli Serbest Soğutma Derece Saat Değerlerinin Hesaplanması

Dış ortam sıcaklığı, iç ortam referans sıcaklığının ( $25^{\circ}\text{C}$ ) altına düştüğünde serbest soğutma sistemleri devreye girer. Bu durumda, soğutma sistemleri (tam havalı iklimlendirme sistemleri), soğutma serpantinlerini bypass ederek dış ortamdan alınan taze havayı doğrudan iç mekâna ileterek mekânın soğutma yükünün bir kısmını veya tamamını üstlenir. Bu sistemin uygulanabilmesi için tasarım aşamasında, 24 saatlik dış hava sıcaklık dağılımlarının soğutma dönemindeki tüm aylar için bilinmesi büyük önem taşır. Bu çalışmada, Adana ili için soğutma sezonundaki her ayın her saati için, herhangi iki saat arasındaki dış hava sıcaklık dağılımlarının frekans değerleri, soğutma sezonundaki her ay için ve sezonluk serbest soğutma çalışma süreleri literatüre kazandırılmıştır. Ayrıca, soğutma sistemlerinin devreye girmesinden önce soğutma yüklerini karşılamak amacıyla Soğutma Derece Saat Değerleri (SDSD) da literatüre kazandırılmıştır.

**Tablo 4.** Adana ili Saat 07:00-08:00 Serbest Soğutma Dış Hava Sıcaklığı Görülme Sıklığı

| ADANA İLİ SAAT 07:00-08:00 SERBEST SOĞUTMA DIŞ HAVA SICAKLIĞI GÖRÜLME SIKLIĞI |                                                             |         |        |         |       |       |                                                                      |
|-------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------|---------|--------|---------|-------|-------|----------------------------------------------------------------------|
| DHS<br>( $^{\circ}\text{C}$ )                                                 | Soğutma Dönemi Ortalama Dış Hava Sıcaklık Dağılımı (% Adet) |         |        |         |       |       | Soğutma Dönemi<br>Ortalama Dış Hava<br>Sıcaklık Dağılımı<br>(% Adet) |
|                                                                               | Mayıs                                                       | Haziran | Temmuz | Ağustos | Eylül | Ekim  |                                                                      |
| 9,5                                                                           | 0                                                           | 0       | 0      | 0       | 0     | 0     | 0                                                                    |
| 10,5                                                                          | 0                                                           | 0       | 0      | 0       | 0     | 0,4   | 3,365833                                                             |
| 11,5                                                                          | 0                                                           | 0       | 0      | 0       | 0     | 0,5   | 3,373333                                                             |
| 12,5                                                                          | 0,2                                                         | 0       | 0      | 0       | 0     | 1,3   | 3,164167                                                             |
| 13,5                                                                          | 0,7                                                         | 0       | 0      | 0       | 0     | 2,3   | 3,165                                                                |
| 14,5                                                                          | 1,2                                                         | 0       | 0      | 0       | 0     | 3,6   | 3,053333                                                             |
| 15,5                                                                          | 2,5                                                         | 0       | 0      | 0       | 0     | 5,19  | 3,293333                                                             |
| 16,5                                                                          | 4                                                           | 0       | 0      | 0       | 0,1   | 7,79  | 4,0775                                                               |
| 17,5                                                                          | 5,79                                                        | 0,1     | 0      | 0       | 0,31  | 11,79 | 3,97                                                                 |
| 18,5                                                                          | 10,59                                                       | 0,41    | 0      | 0       | 1,34  | 11,49 | 3,83                                                                 |
| 19,5                                                                          | 11,89                                                       | 0,72    | 0      | 0       | 1,54  | 12,19 | 3,5225                                                               |
| 20,5                                                                          | 14,99                                                       | 1,54    | 0,1    | 0       | 3,19  | 14,39 | 3,455833                                                             |

Adana ili için, 07:00-08:00 zaman aralığındaki serbest soğutma dönemi dış hava sıcaklık dağılım verileri, Tablo 2'den düzenlenerek Tablo 4 oluşturulmuştur. Bu tabloda,  $20^{\circ}\text{C}$  ve altındaki dış hava sıcaklıklarının görülme sıklıkları sunulmuştur. 07:00-08:00 zaman aralığı için oluşturulan Tablo 4, günün geri kalan 23 saati için ayrı ayrı hesaplanmıştır. Tablo 4'te yer alan serbest soğutma dönemi dış hava sıcaklıklarının görülme sıklıkları, 07:00-08:00 zaman aralığına ait tablodan beşinci yazılıma aktarılmıştır. Bu yazılım kullanılarak, Adana ili için soğutma sezonunda herhangi bir ayın herhangi bir saati için, belirli iki saat arasındaki serbest

soğutma derece saat değerleri (SSDSD) hesaplanmıştır. Bu işlem, günün geri kalan 23 saati için ayrı ayrı gerçekleştirilmiş ve beşinci yazılıma dahil edilmiştir. Yazılım sonuçları birleştirilerek Tablo 5 elde edilmiştir.

**Tablo 5.** Adana İlinin 24 Saati İçin Sezonluk ve Aylık SSDD

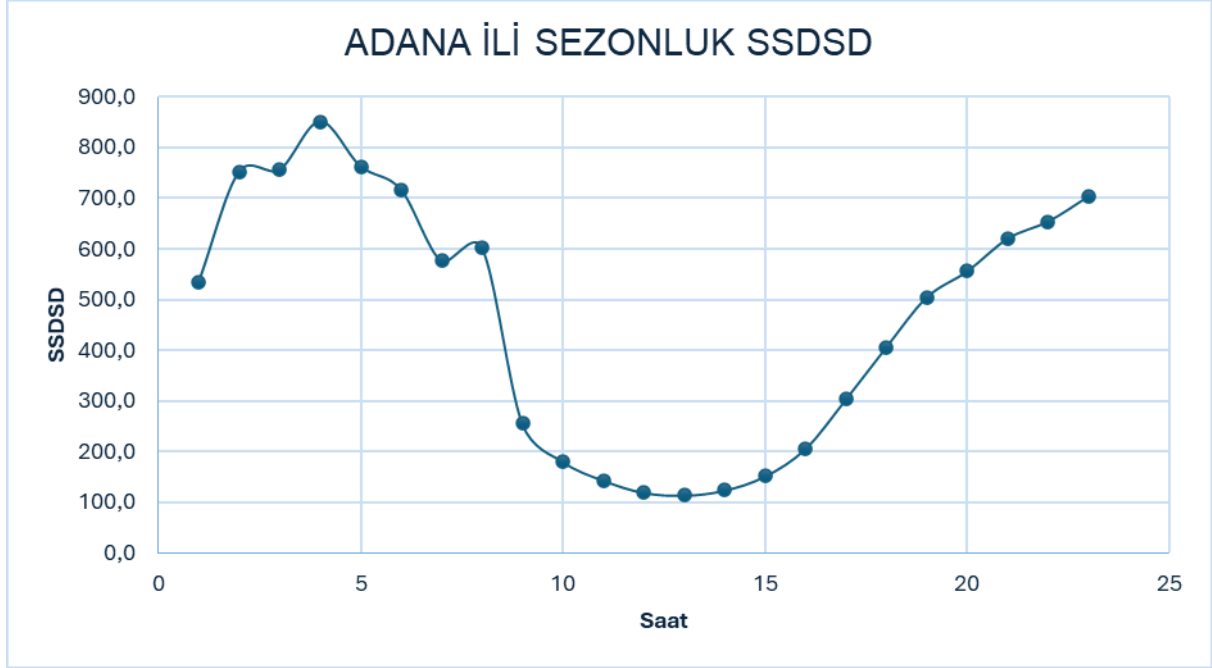
| SAATLER                              | ADANA İLİ İÇİN SOĞUTMA SEZONU AYLARI İÇİN SSDS |         |        |         |        |        | Serbest SSDS  |
|--------------------------------------|------------------------------------------------|---------|--------|---------|--------|--------|---------------|
|                                      | [Derece-Saat]                                  |         |        |         |        |        | [Derece-Saat] |
|                                      | Mayıs                                          | Haziran | Temmuz | Ağustos | Eylül  | Ekim   | Toplam        |
| 00:30                                | 103,7                                          | 187,7   | 69,9   | 59,9    | 182,0  | 100,0  | 662,9         |
| 01:30                                | 92,0                                           | 172,0   | 47,5   | 79,5    | 165,6  | 96,4   | 533,8         |
| 02:30                                | 90,2                                           | 168,2   | 106,1  | 102,2   | 193,7  | 91,4   | 751,9         |
| 03:30                                | 78,6                                           | 155,9   | 124,0  | 113,1   | 198,6  | 85,3   | 755,7         |
| 04:30                                | 75,9                                           | 177,9   | 165,7  | 147,7   | 199,5  | 84,0   | 850,6         |
| 05:30                                | 82,8                                           | 136,2   | 137,3  | 143,1   | 186,9  | 76,3   | 762,6         |
| 06:30                                | 117,2                                          | 184,5   | 59,5   | 79,1    | 192,7  | 83,7   | 716,7         |
| 07:30                                | 155,6                                          | 133,0   | 7,9    | 9,0     | 148,1  | 122,4  | 576,1         |
| 08:30                                | 155,6                                          | 133,0   | 7,9    | 9,0     | 148,1  | 148,9  | 602,6         |
| 09:30                                | 124,9                                          | 23,5    | 0,6    | 0,0     | 7,1    | 99,6   | 255,6         |
| 10:30                                | 98,3                                           | 11,0    | 0,5    | 0,5     | 4,5    | 66,0   | 180,7         |
| 11:30                                | 81,2                                           | 5,5     | 0,5    | 0,5     | 3,4    | 52,6   | 143,6         |
| 12:30                                | 65,8                                           | 5,3     | 0,5    | 0,0     | 2,8    | 45,2   | 119,6         |
| 13:30                                | 61,3                                           | 8,0     | 0,4    | 0,5     | 3,0    | 40,7   | 114,0         |
| 14:30                                | 68,8                                           | 8,9     | 1,2    | 1,0     | 3,7    | 40,5   | 124,0         |
| 15:30                                | 82,4                                           | 11,0    | 0,7    | 1,3     | 6,6    | 49,5   | 151,6         |
| 16:30                                | 100,7                                          | 14,2    | 0,8    | 1,3     | 7,8    | 81,1   | 205,8         |
| 17:30                                | 128,8                                          | 28,3    | 1,6    | 1,2     | 16,7   | 126,8  | 303,4         |
| 18:30                                | 144,6                                          | 58,0    | 2,7    | 2,2     | 45,8   | 153,0  | 406,3         |
| 19:30                                | 147,4                                          | 104,7   | 8,1    | 5,0     | 80,2   | 159,1  | 504,5         |
| 20:30                                | 146,2                                          | 138,0   | 13,2   | 9,6     | 106,8  | 141,9  | 555,7         |
| 21:30                                | 136,5                                          | 163,5   | 26,1   | 19,1    | 141,6  | 133,4  | 620,1         |
| 22:30                                | 127,5                                          | 170,6   | 39,9   | 29,4    | 166,4  | 120,1  | 653,9         |
| 23:30                                | 108,9                                          | 176,4   | 51,1   | 45,1    | 170,4  | 111,1  | 703,2         |
| Toplam Serbest SSDS<br>[Derece-Saat] | 2575,0                                         | 2375,5  | 873,7  | 859,1   | 2381,8 | 2309,1 | 10592,1       |

Son yazılımdan elde edilen sonuçlar Tablo 5'te sunulmuştur. Tabloya göre, maksimum mevsimsel Serbest Soğutma Derece Saat Değeri (SSDSD) 850,6 olup, bu değer 03:30 ile 04:30 arasında gerçekleşmektedir. Soğutma sezonu boyunca, herhangi bir saat aralığındaki en yüksek SSDSD eylül ayında, saat 03:30 ile 04:30 arasında ve 199,5 değerinde gözlemlenmektedir.



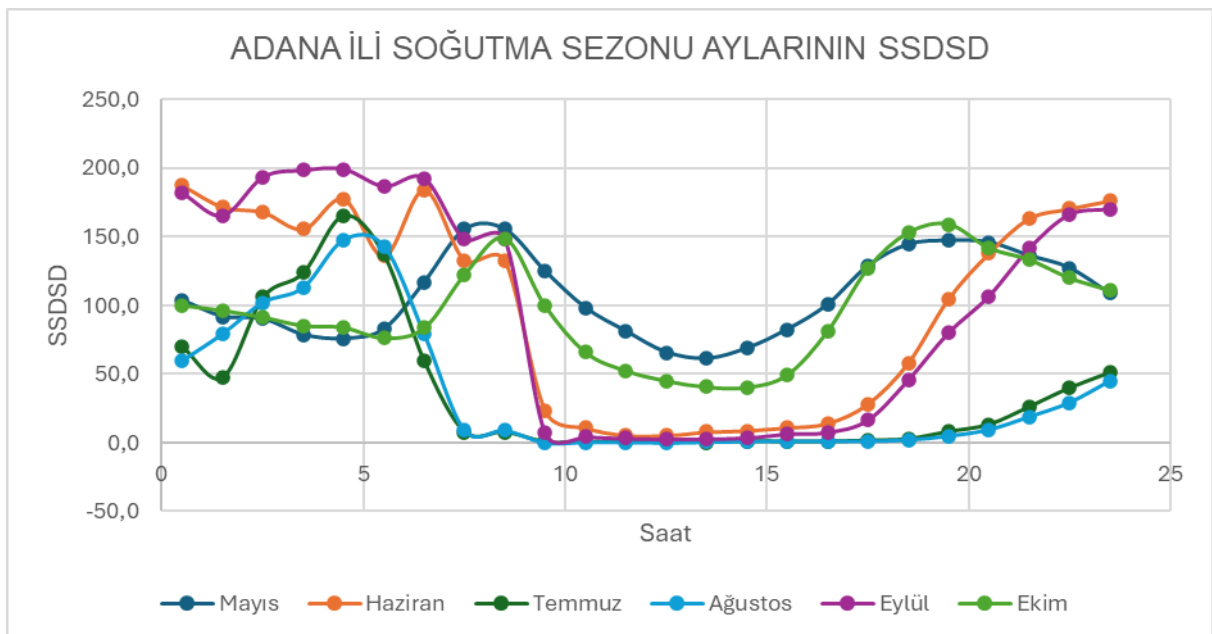
Soğutma sezonu içinde, Adana ili için hesaplanan toplam 24 saatlik SSDSD'nin en yüksek değeri ise mayıs ayında 2575,0 olarak belirlenmiştir.

Tablo 5'teki veriler, Şekil 1'de görselleştirilmiştir. Bu şekil, Adana ili için toplam 8760 saat boyunca, toplam 32 yıllık dış hava sıcaklık verilerinin 5 farklı yazılımın sonuçlarına dayanarak özetlenmiş bir sunumdur.



Şekil 2. Adana İlının Sezonluk SSDSD

Yine, tablo 5'teki verileri dikkate alarak, soğutma sezonu boyunca her ay için serbest soğutma derece saat değerleri aylık olarak şekil 2'de sunulmuştur.



### Şekil 3. Adana İlinin Soğutma Sezonundaki Ayların SSDSD

Adana için hesaplanan toplam Soğutma Derece Saat Değerleri (SDSD) ile toplam Serbest Soğutma Derece Saat Değerleri (SSDSD) karşılaştırmalı olarak Tablo 6'da sunulmuştur. Bu tabloda yer alan yüzdesel fark, SSDSD ve SDSD değerlerinin birbirlerine oranlanarak hesaplanmıştır. Bu karşılaştırma, serbest soğutma sistemlerinin etkinliğini değerlendirmeye ve enerji tasarrufu potansiyelini ortaya koymaya yardımcı olmaktadır.

**Tablo 6.** Adana ili SDSD ve SSDSD Karşılaştırılması

| GÜNÜN<br>24 SAATİ                    | 20 C İÇ ORTAM REFERANS SICAKLIĞINA GÖRE<br>ADANA SOĞUTMA DÖNEMİ AYLARI İÇİN SDSD VE SSDSD<br>[Derece-Saat] |         |        |         |        |        | SSDSD<br>[Derece-<br>Saat] |
|--------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|--------|---------|--------|--------|----------------------------|
|                                      | Mayıs                                                                                                      | Haziran | Temmuz | Ağustos | Eylül  | Ekim   | Toplam                     |
| Toplam SDSD<br>[Derece-Saat]         | 1563,3                                                                                                     | 3118,7  | 5076,1 | 4931,1  | 3577,5 | 1681,9 | 20004,8                    |
| Toplam SSDSD<br>[Derece-Saat]        | 2575,0                                                                                                     | 2375,5  | 873,7  | 859,1   | 2381,8 | 2309,1 | 10592,1                    |
| SDSD ve SSDSD<br>arasındaki fark [%] | 164,74                                                                                                     | 76,16   | 17,21  | 17,42   | 66,57  | 137,29 | 52,94                      |

Adana ilinin Serbest Soğutma Derece Saat Değerlerinin, Soğutma Derece Saat Değerlerini karşılama oranı en fazla mayıs ayında %164,74 en az temmuz ayında %17,21 ve sezonluk oranın da %52,94 olduğu Tablo 6' da ifade edilmiştir.

## 4. BULGULAR VE ÖNERİLER

Bu çalışmada, Adana ili için literatüre katkıda bulunmak amacıyla geliştirilen beş farklı Visual Basic tabanlı yazılım kullanılarak çeşitli analizler gerçekleştirilmiştir. İlk yazılımla dış hava sıcaklık dağılımları, yani 8760 saat boyunca görülen sıcaklıkların sıklıkları ve aylık dağılımlar belirlenmiştir. Bu dağılımlar, ikinci yazılıma aktarılmıştır. İkinci yazılımla Adana ili için soğutma sezonu ayları ve dış hava sıcaklıklarının her saat için görülen sıklıkları hesaplanmıştır. Bu dağılımlar, üçüncü yazılıma aktararak soğutma mevsimindeki herhangi bir zaman dilimindeki soğutma yükleri hesaplanmıştır. Dördüncü yazılım ile ise soğutma sezonundaki dış hava sıcaklıklarının her saatteki sıklıkları ortaya konulmuştur. Beşinci yazılımla da soğutma sezonundaki tüm aylar için serbest soğutma derece saat değerleri hesaplanmıştır. Bu değerler, Adana ili için literatüre kazandırılmıştır. Çalışma sonucunda, Adana ilinin Soğutma Derece Saat Değeri (SDSD) 20004,8 ve Serbest Soğutma Derece Saat Değeri (SSDSD) 10592,1 olarak belirlenmiş, serbest soğutma devreleri sayesinde soğutma sezonu boyunca %52,94 oranında enerji geri kazanımı sağlanabileceği ortaya konulmuştur.

[1] [1] [http://www.haberbilgi.com/bilim/cevre/kuresel\\_isinma03.html](http://www.haberbilgi.com/bilim/cevre/kuresel_isinma03.html)

[2]Nakicenovic, N.,Grübler, A., Mcdonald, A. (Eds.). “Global Energy Perspectives”, Cambridge University, 299, 1998

[3]E. Yaşar and M. Ertürk. “Investigation of A Different Method In Free Heating Degree Hours Calculations for Aydın Province”. Electronic Letters on Science and Engineering, 19(1), 17-28.2023

- [4] M. Erturk. Z. Oktay. C. Coskun. G. A. Kilic. and A. Dasdemir. "A new approach to calculation of energy demand and amount of emission according to different indoor temperature." International Journal of Global Warming. vol. 7. no. 3. pp. 395–408. 2015. doi: 10.1504/IJGW.2015.069370.
- [5] Anonim, <http://www.dektmk.org.tr/upresimler/2008.Denge.pdf> (*Erişim Tarihi: 15<sup>th</sup> of March, 2015*). 653
- [6] Anonim, <http://www.dektmk.org.tr/upresimler/2012Denge.pdf> (*Erişim Tarihi: 15<sup>th</sup> of March, 2015*).
- [7] Arısoy A., TTMD Eskişehir Çalıştay, Şubat 2009.
- [8] H. Asan. "Effects of wall's insulation thickness and position on time lag and decrement factor." Energy Build. vol. 28. no. 3. pp. 299–305. Nov. 1998. doi: 10.1016/S0378-7788(98)00030-9.
- [9] M. A. Aktacir. O. Büyükalaca. and T. Yılmaz. "A case study for influence of building thermal insulation on cooling load and air-conditioning system in the hot and humid regions." Appl Energy. vol. 87. pp. 599–607. 2009. doi: 10.1016/j.apenergy.2009.05.008.
- [10] E. Osterman. V. Butala. and U. Stritih. "PCM thermal storage system for 'free' heating and cooling of buildings." Energy Build. vol. 106. 2015. doi: 10.1016/j.enbuild.2015.04.012.
- [11] E. Osterman. V. Butala. and U. Stritih. "PCM thermal storage system for 'free' heating and cooling of buildings." Energy Build. vol. 106. 2015. doi: 10.1016/j.enbuild.2015.04.012.
- [11] W. Lyu. X. Li. W. Shi. B. Wang. and X. Huang. "A general method to evaluate the applicability of natural energy for building cooling and heating: Revised degree hours." Energy Build. vol. 250. Nov. 2021. doi: 10.1016/j.enbuild.2021.111277.
- [12] "IŞIK: İklim Sistemlerinin Projelendirmesini Etkileyen... - Google Scholar." Accessed: Jun. 27. 2024. [Online]. Available: <https://scholar.google.com/scholar?cluster=3499965672621122719&hl=en&oi=scholar>
- [13] M. Fasiuddin and I. Budaiwi. "HVAC system strategies for energy conservation in commercial buildings in Saudi Arabia." Energy Build. vol. 43. no. 12. pp. 3457–3466. Dec. 2011. doi: 10.1016/J.ENBUILD.2011.09.004.
- [13] E. L. Olsen and Q. Chen. "Energy consumption and comfort analysis for different low-energy cooling systems in a mild climate." Energy Build. vol. 35. no. 6. pp. 560–571. Jul. 2003. doi: 10.1016/S0378-7788(02)00164-0.
- [14] Bulut, H., Büyükalaca, O., Yılmaz, T., Aktacir, M. A., "GAP Bölgesi İçin Detaylı İklim Verileri", Harran Üniversitesi GAP IV. Mühendislik Kongresi Bildiriler Kitabı, 183-191, Şanlıurfa, 2002.
- [15] Büyükalaca, O., Bulut, H., Yılmaz, T., Analysis of Variable-Base Heating and Cooling Degree-Days For Turkey, Applied Energy, 69/4, 269-283, (2001).
- [16] Papakostas, K., Kyriakis, N., Heating and Cooling Degree-Hours For Athens and Thessaloniki, Greece, Renewable Energy, 30, 1873-1880, (2005).
- [17] Büyükalaca, O., Bulut, H., Yılmaz, T., 2001, Analysis of Variable-Base Heating and Cooling Degree-Days For Turkey, Applied Energy, 69/4, 269-283.
- [18] Durmayaz, A., Kadioğlu, M., "Heating Energy Requirements And Fuel Consumptions In The Biggest City Centers Of Turkey", Energy Conversion and Management, 2003.
- [17] H. Asan. "Investigation of wall's optimum insulation position from maximum time lag and minimum decrement factor point of view." Energy Build. vol. 32. no. 2. pp. 197–203. Jul. 2000. doi: 10.1016/S0378-7788(00)00044-X.
- [18] E. Işık and M. Inallı. "Artificial neural networks and adaptive neuro-fuzzy inference systems approaches to forecast the meteorological data for HVAC: The case of cities for Turkey." Energy. vol. 154. pp. 7–16. Jul. 2018. doi: 10.1016/J.ENERGY.2018.04.069.
- [19] C. Ghiaus and F. Allard. "Potential for free-cooling by ventilation." Solar Energy. vol. 80. no. 4. pp. 402–413. Apr. 2006. doi: 10.1016/J.SOLENER.2005.05.019.

- [20] K. M. Letherman and M. M. J. Al-Azawi. "Predictions of the heating and cooling energy requirements in buildings using the degree hours method." *Build Environ.* vol. 21. no. 3–4. pp. 171–176. Jan. 1986. doi: 10.1016/0360-1323(86)90026-0.
- [21] K. M. Letherman and M. M. J. Al-Azawi. "Predictions of the heating and cooling energy requirements in buildings using the degree hours method." *Build Environ.* vol. 21. no. 3–4. pp. 171–176. Jan. 1986. doi: 10.1016/0360-1323(86)90026-0.
- [22] H. Bulut. O. Buyukalaca. T. Y.-P. of 5th International. and undefined 2002. "Determination and application of the data used in energy estimation methods for Istanbul." eng.harran.edu.trH Bulut. O Buyukalaca. T YilmazProceedings of 5th International HVAC&R Technology Symposium. 2002•eng.harran.edu.tr. Accessed: Jul. 01. 2024. [Online]. Available: [http://eng.harran.edu.tr/~hbulut/TTMD2002\\_English.pdf](http://eng.harran.edu.tr/~hbulut/TTMD2002_English.pdf)
- [23] F. Kreith and J. F. Kreider. "Preliminary design and economic analysis of solar-energy systems for heating and cooling of buildings." *Energy.* vol. 1. no. 1. pp. 63–76. Mar. 1976. doi: 10.1016/0360-5442(76)90058-X.
- [24] G. N. Güğöl. "Free Cooling Potential of Turkey for Datacenters." *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi.* vol. 0. no. 14. pp. 17–22. Dec. 2018. doi: 10.31590/EJOSAT.419027.
- [25] Ertürk M., "Isıtma ve soğutma derece saat hesaplamalarında farklı bir yöntemin araştırılması ve geliştirilmesi". Doktora Tezi. Balıkesir Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Makina Mühendisliği, (2012).

## KULLANILMIŞ ATIK LASTİKLER VE BİYOYAĞ ATIK KARIŞIMLARINDAN PİROLİZ YOLU İLE YAKIT ÜRETİM PROSESİNİN DENEYSEL İNCELENMESİ

**Buse Büşra ATALAY KAYNAKYEŞİL**

Gazi Üniversitesi,

busebusraatalay@gmail.com- 0009-0003-1050-7294

**Dr. Samad MOGHANIRAHIMI**

Gazi Üniversitesi,

s.mughanli@gmail.com- 0000-0002-3737-1345

**Prof.Dr. Hüseyin TOPAL**

Gazi Üniversitesi,

[htopal@gazi.edu.tr](mailto:htopal@gazi.edu.tr)- 0000-0001-7406-4398

### ÖZET

Bu çalışma, atık lastikler ve biyo yağ atıklarının piroliz yöntemiyle işlenerek aromatik bileşenlerin üretimini maksimize etmeyi ve sıvı ürün eldesini artırmayı amaçlamaktadır. İlk deney setinde, atık lastikler 400°C sıcaklık ve 15 dakika süreyle, farklı katalizörlerle (HZSM-5, Nikel-Kobalt, Platinyum-Vanadyum) ve katalizörsüz olarak pirolize tabi tutulmuştur. Deney sonuçları, HZSM-5 katalizörünün, 100 g hammadde üzerinden 38 g ile en yüksek sıvı ürün verimini sağladığını ve bu ürünün aromatik bileşen açısından zengin olduğunu ortaya koymuştur. HZSM-5'in üstün performansı nedeniyle, eş piroliz deneylerinde bu katalizör tercih edilmiştir. Eş piroliz çalışmaları, lastik ve biyo yağ oranlarının değiştirilerek farklı deney koşullarında gerçekleştirilmiştir. Özellikle lastik ve biyo yağın %50:50 oranında karıştırıldığı deneyde, 300 g hammadde üzerinden 185 g sıvı ürün elde edilmiştir. Sonuçlar, biyo yağ oranı arttıkça sıvı ürün veriminin belirgin şekilde yükseldiğini göstermektedir. Tüm sıvı ürünler GC-MS analizi ile incelenmiş, hidrokarbon türlerine ayrıştırılmış ve ürün kompozisyonu detaylı bir şekilde değerlendirilmiştir. Bu analizler, aromatik bileşen üretiminde ve sıvı ürün geri kazanımında önemli iyileşmeler sağlandığını ortaya koymuştur. HZSM-5 katalizörü ile gerçekleştirilen piroliz ve eş piroliz işlemleri, atık lastikler ve biyo yağları değerli sıvı ürünlere dönüştürmek için son derece etkili bir yöntem olduğunu kanıtlamıştır. Bu çalışma, sürdürülebilir atık yönetimi ve kaynak geri kazanımı için ölçeklenebilir bir çözüm sunarak, endüstriyel uygulamalar için önemli bir referans oluşturmaktadır.

**Anahtar Kelimeler:** Aromatik bileşenler, lastik atıkları, sürdürülebilir yakıt üretimi

## 1. GİRİŞ

Bu çalışmada, kullanılmış atık lastiklerden termal ve termokatalitik piroliz yöntemleriyle yakıt üretim prosesi deneysel olarak incelenmiştir. Piroliz yöntemiyle biri katalizörsüz, üçü katalizörlü olmak üzere toplam dört farklı pirolitik sıvı elde edilmiştir. Genel olarak termokatalitik pirolizi etkileyen unsurlar arasında sıcaklık, parçacık boyutu, deney süresi, vakum miktarı, ısınma hızı, reaktör tipi ve katalizör türü yer almaktadır. Bu çalışmada, sıcaklık, parçacık boyutu, süre, vakum miktarı ve ısınma hızı sabit tutulmuş, katalizör türü ise değişken olarak izlenmiştir. Termokatalitik pirolizle elde edilen sıvı ürünler, GC-MS (Gaz Kromatografisi – Kütle Spektrometresi) analizi ile incelenmiş ve hidrokarbon türlerine göre ayrıştırılmıştır. Numune sonuçları karşılaştırılarak en yüksek yakıt verimi sağlayan deney şartları belirlenmiştir. Ayrıca, en verimli katalizör eşliğinde üç farklı atık bitkisel yağ kullanılarak eş-piroliz deneyleri gerçekleştirilmiştir. Tüm deneyler iki kez tekrarlanmış ve sonuçlar ortalamalar alınarak değerlendirilmiştir.

Çalışmada kullanılan atık lastikler, faydalı ömrünü tamamlamış ve artık lastik olarak kullanılamayacak malzemeler olarak tanımlanmıştır. Lastikler; kükürt, kimyasallar, yağ reçinesi, karbon karası, tekstil elyafı ve kauçuktan oluşmaktadır. Çalışmanın özgün değeri, bu atıkların piroliz prosesi ile sıvılaştırılarak yakıt üretimine dönüştürülmesinde yatmaktadır. Termik ve termokatalitik pirolizle elde edilen sıvı ürünlerin bileşenlerine zahmetsizce ayrılabilir olması, sürecin avantajlarından biridir. Bu süreçte, katalizör kullanımıyla sıvı ürünlerin yakıt kalitesi artırılarak sürdürülebilir enerji üretimi hedeflenmiştir. Ayrıca, emisyon problemlerini en aza indirme, çevre kirliliğini önleme, enerji verimliliğini artırma ve ülke ekonomisine katkı sağlama gibi hedeflere de odaklanılmıştır.

Sabit yatak reaktörde gerçekleştirilen termik ve termokatalitik piroliz deneylerinde, atık lastiklerden elde edilen sıvı ürünlerin çevre dostu ve yüksek verimli yakıtlar ürettiği gösterilmiştir. Bunun yanı sıra, artan nüfusla birlikte oluşan atık miktarının artması nedeniyle atıkların uygun koşullarda depolanması büyük önem taşımaktadır. Bu çalışma, faydalı ömrünü tamamlamış atık lastiklerin depolanma sorununa yönelik bir çözüm sunmayı da amaçlamaktadır. Atıkların uygun şekilde değerlendirilmesiyle toprak ve yeraltı sularının kirlenmesinin önüne geçilmesi hedeflenmiştir.

## 2. LİTERATÜR

100 milyon tondan fazla atık lastik her yıl dünyada oluşmaktadır ayrıca her yıl Türkiye ‘de 200 bin ton atık lastik üretilmektedir. Atık lastikler insan sağlığına ve çevreye ciddi tehditler oluşturmaktadır. Bu kapsamda geri dönüşüm, yeniden kullanım, depolama, enerji ve malzeme geri kazanımı ile atık yönetimi gerçekleştirilmektedir. Malzeme geri kazanımı ve malzeme geri kazanımı içerisinde de piroliz en uygun yöntemdir [1].

Bu araştırma kapsamında kullanılmış atık lastiklerden termik ve termo katalitik piroliz ile yakıt üretimi amaçlanmıştır. Termal bir proses olan piroliz ile 1 adet katalizörsüz ve 3 adet katalizörlü olmak üzere 4 farklı pirolitik sıvı elde edilmiş ve elde edilen ürünlerden oluşan kıymetli maddeler incelenmiştir. Endüstriyel alanda piroliz tesislerinin kurulması ve ülke ekonomisine yeni bir kaynak oluşturmaları için piroliz parametrelerinin belirlenmesi ve yüksek katma değerli



uygun piroliz ürünlerinin elde edilmesi oldukça önem arz etmektedir [2].

Faydalı ömrünü tamamlamış atık lastikler depolandıkları alanlarda uzun süreli maruz bırakma durumlarında toprak ve yer altı sularına olumsuz etkileri söz konusudur. Bu etkiler; toprağın pH yapısının içme suyu sınır değerlerinin dışında olduğu ve böcek- kurtçul, sucul mikroorganizmalar gibi canlılara olumsuz etkisi mevcuttur [3,4].

Atık lastikler; enerji geri kazanımı, yeniden kullanma, geri dönüşüm ve depolama yöntemleri ile atıkların olumsuz etkilerini minimize etmek amacıyla yönetimi gerçekleştirilmektedir [1]. Atık lastiklerde mevcut bulunan bileşenlerin özelliklerinden yararlanılarak fiziksel, kimyasal veya biyokimyasal olarak enerji geri kazanımı mümkündür [5]. Kuru bazda lastik kısa analizinde; Uçucular %58, sabit karbon %27,7, kül %3,9 ve çelik %9,6 bulunmakta olup, kuru bazda lastik elementel analizinde; C %74,2, H %5,8, N %0,3, S %1,5, O %4,7 ve Kül %9,6 oranında bulunmaktadır [6].

Biyokütleden oksijensiz ortamda yüksek sıcaklık ile katı, sıvı ve gaz ürün elde edilmesi işlemine piroliz denilmektedir [7]. Alternatif yakıt elde edimi amacıyla en çok tercih edilen yöntemlerden biri olan piroliz ile oksijen oranı yüksek sıvı ürün ve karbon bakımından zengin katı atık elde edilirken uçucu maddeler uzaklaştırılır [8]. Oksijensiz ortamda ısıtılan hidrokarbonlar piroliz işlemi neticesinde yeni bileşikler meydana getirir. Oluşan yeni bileşikler düşük molekül ağırlığındadır. Piroliz işlemi sonucunda elde edilen sıvı ürün iki, bölümden oluşmaktadır. Bu bölümler yağ fraksiyonu ile suda çözünen fraksiyondur [8,9,10,11]. Sıcaklık, basınç, alıkonma süresi, katalizör cinsi, reaktör tipi ve ısıtma hızı pirolizi etkileyen parametrelerdir [9,11]. Piroliz işlemi sonucunda üretilen sıvı ürünün verimi yüksek ısıtma oranı, kısa alıkonma süresi ve düşük sıcaklıkta artmaktadır [9,12]. Proses sonucunda elde edilen sıvı ürün; bileşiklerin etkileşimi, indirgenmesi neticesinde kompleks ürün olarak nitelendirilmektedir [14].

Biyo-yağ ve kimyasallar üretmek hedefiyle son yıllarda piroliz prosesi uygulanarak birçok çalışma gerçekleştirilmiştir. Ayrıca gerçekleştirilen çalışmalarda ürünlerin yapısındaki değişikliklerin reaktif ortama bağlı olduğu gözlemlenmiştir [14]. Pirolizde amaçlara uygun teknolojiler, kütle aktarımı ve ısı aktarımı kullanılarak geliştirilmektedir. Piroliz teknolojileri; geleneksel piroliz teknolojileri ve ileri piroliz teknolojileri olarak iki başlık altında incelenebilmektedir. İleri piroliz teknolojilerin de hidropiroliz, vakum piroliz, flaş ve hızlı teknikler bulunmaktadır [13].

Piroliz prosesi sonucunda birincil piroliz ürünleri ve ikincil piroliz ürünleri olarak iki tip ürün elde edilmektedir. Kullanılan metotla bağlı olarak birincil ürünler, %50 veya daha fazla su absorplarken ikincil ürünler %20 su absorplayabilmektedir. Ayrıca, ikincil piroliz ürünlerine göre birincil piroliz ürünlerinin vizkozitesi düşüktür. Bu kapsamda, faz ayrımı en belirgin farklardandır [14].

Gerçekleştirilen çalışmalarda, kömür, lastik, plastik ve biyokütle gibi hammaddelerin azot atmosferinde ve farklı ısıtma hızlarında piroliz prosesi uygulanması neticesindeki davranışları incelenmiştir. Yapılan incelemede, tanecik boyutu, reaktör sıcaklığı ısı transfer katsayısı, giriş besleme sıcaklığı gibi proses şartları göz önünde bulundurularak ısı transfer modeli reaksiyon



algoritmasıyla beraber çalışılmıştır. Neticede, tanecik boyutunun termal dengede önemli ölçüde etkili olduğu gözlemlenmiştir [15].

Devamlı burgu reaktör ve sabit yataklı reaktör düzeneğinde, orman atıkları ve atık lastiğin pirolizleri incelenmiştir. Gerçekleştirilen piroliz neticesinde yalnızca bir faz sıvı elde edilmiştir. Deneyde kullanılan burgu reaktörün hammaddeler üzerinde olumlu etkiler sergilediği izlenmiştir. Biyokütle, PH ve kalorifik değerleri arttırarak deneyde elde edilen üründe yoğunluğu, oksijen içeriğini ve asitlik değerleri azaltmıştır. Neticede, orman atıkları ve atık lastiğin tepkimeye girmesi ve atık lastik miktarının yükseltilmesiyle aldehit ve fenol bileşikleri miktarı azalarak biyoyakıtın dengeli olduğu gözlemlenmiştir [16].

Piroliz yolu ile atık geri kazanımı tam verimlilik ile sağlanmaktadır bu doğrultuda uygulama sonucunda elde edilen ürün atık geri kazanımı sağlarken ticari değere sahiptir [17]. Günümüzde tüketimin artması ve tüketimlere bağlı olarak doğal kaynak ihtiyaçlarının artması da göz önünde bulundurulduğunda enerji kaynağı olarak görülen ömrünü tamamlamış lastiklerin pirolizi ile elde edilen pirolitik yağlar elektrik üretiminde kullanılmaktadır. İlaveten, piroliz işlemi sırasında kimyasallar kullanılmamasına bağlı olarak piroliz, çevre dostu olarak nitelendirilmektedir [18].

Aneorobik ortamda, atık lastiklerin 300-700°C sıcaklıklarda gerçekleştirilen piroliz işlemi sonucunda elde edilen ürünler; gaz, yağ ve karbon siyahıdır [19]. Yapılan çalışmada, farklı ülkelerden ve farklı firmalardan alınan ömrünü tamamlamış atık lastiklerin pirolizi yapılmış ve deney sonucunda 500°C'nin üzerinde gerçekleştirilen pirolizde atık lastiklerin özelliklerinde farklılık göstermediği gözlemlenmiştir [20].

Ömrünü tamamlamış atık lastiklerin piroliziyle elde edilen karbon siyahı üzerine yapılan bir çalışmada, lastikler küçültülüp temizlendikten sonra 600°C'de azot gazı eşliğinde pirolize tabi tutulmuştur. Elde edilen karbon siyahı, HCl ile yıkanarak saflaştırılmış, ardından sıcak saf su ile temizlenip kurutulmuştur. CO<sub>2</sub> kullanılarak 900°C'de aktive edilen karbonun yüzey alanı 280 m<sup>2</sup>/g, 1000°C'de ise 513 m<sup>2</sup>/g olarak ölçülmüştür. Ayrıca, 1000°C'de aktive edilen 1 gram aktif karbonun fenol tutma kapasitesi %93,33 olarak belirlenmiştir [21].

Atık lastiklerin piroliz ve yanma sürecinde, enerji üretimi potansiyelini ve çevresel etkileri incelenmiştir. Pirolizde, farklı sıcaklıklarda ve ısıtma hızlarında gerçekleşen deneylerde yağ, gaz ve kömür elde edilmiştir. Yanmada, lastik türevli yakıtların yanma verimliliği ve emisyonları ölçülmüştür, ayrıca emisyonların toksisitesi ve mevzuata uygunluğu değerlendirilmiştir. Sonuç olarak, atık lastiklerin enerji kaynağı olarak kullanım potansiyeli ve çevresel etkileri gözlemlenmiştir [22].

Yapılan bir diğer çalışmada, atık lastik piroliz yağının dizel motorlarda dizel ile karşılaştırılarak kullanılmasının performans ve emisyon özellikleri incelenmiştir. Bu doğrultuda, farklı karışım oranlarının motor verimliliği üzerindeki etkisi değerlendirilmiş ve yanma sırasında oluşan kirleticiler (CO, HC, NO<sub>x</sub>) ölçülmüştür. Sonuç olarak, atık lastik piroliz yağının dizel motorlar için sürdürülebilir bir alternatif olabileceği gözlemlenmiştir [23].

Başka bir çalışmada atık lastiklerin piroliz sürecinde sıcaklığın etkileri deneysel olarak incelenmiştir, farklı sıcaklıklarda piroliz uygulamaları yapılmıştır ve elde edilen yağ, gaz ve kömür miktarları ve kaliteleri değerlendirilmiştir. Gözlem sonucunda, termal ayrışma 200-

500°C arasında üç aşamalı ayrışma olduğu, granül boyutu arttıkça termal ayrışma hızının düştüğü, en küçük granüllerde yüksek gaz veriminin sağlandığı, en yüksek pirolitik yağ verimi (43,6%) 500°C’de elde edildiği; sıcaklık arttıkça yağ veriminin azaldığı, gaz veriminin arttığı ve 500°C’nin üzerindeki sıcaklıklarda katı kalıntılar daha az yapışkan ve benzer kütle ve şekle sahip olduğu gözlemlenmiştir. Sonuç olarak, sıcaklık, piroliz ürünlerinin verimliliği ve kalitesi üzerinde kritik bir etkiye sahiptir [24].

Başka bir çalışmada, plastik atıklar ve lastiklerin piroliz süreçleri değerlendirilmiştir. Elde edilen yağ, gaz ve katı kalıntıların verimleri ile sıcaklık ve süre etkileri incelenmiştir. Neticede, bu atıkların enerji ve hammadde geri kazanımı açısından önemli bir yöntem olduğu gözlemlenmiştir [25].

Biyokütlenin Plastik ve Lastiklerle Eş-Pirolizinin Gelişmesi, Katalizör Gelişimi ve Ölçeklendirme Potansiyeli üzerine yapılan çalışmada, eş piroliz yapılarak biyoyakıt üretimi incelenmiştir. Elde edilen biyo-yakıt, birçok oksijenli bileşen içermesi nedeniyle iyileştirme gerektiği gözlemlenmiştir. İyileştirme yönünde katalizörlerin çözüm oluşturabileceği fakat maliyet ve deaktive olma sorunları belirtilmektedir. Yapılan çoğu çalışmaların laboratuvar ölçeğinde kaldığı, pilot ölçekli araştırmaların gerekliliği belirtilmiştir. Bir diğer nokta ise, deniz biyokütlesinin araştırılmasının az olduğu ve enerji gereksinimlerinin büyük olması nedeniyle otonom termal işletimin potansiyel bir çözüm sunduğu belirtilmiştir. Neticede, eş-piroliz sürecinin verimliliğini artırmak için daha fazla araştırmalara gerek duyulmaktadır [26].

Biyokütle ve atık lastiklerin eş-pirolizini ve bu süreçten elde edilen sıvı biyo-yakıtların yükseltilmesini inceleyen çalışmada, Eş-piroliz, atık lastiklerin yüksek hidrojen içeriği ile biyokütlenin avantajlarını birleştirerek daha kaliteli yakıt üretmek hedeflenmiştir. Piroliz, sabit yatak reaktör ve vida reaktör pilot tesislerde gerçekleştirilmiş ve her iki sistemde, atık lastiklerin biyokütleyle eklenmesinin biyo-yakıt özelliklerini iyileştirdiği ve tek bir faz elde edildiği ve vida reaktöründe, daha iyi özelliklere sahip biyo-yakıtlar elde edilirken bazı durumlarda sinerjik etkilerinin ortaya çıktığı gözlemlenmiştir [27].

Lignoselülozik biyokütle ve atık lastiklerin hızlı eş-piroliziyle daha kaliteli biyo-yakıt elde edilmesi hedeflenmiştir. Bu süreç, yüksek yağ verimi sağlarken lastik eklenmesinin sıvı verimini düşürdüğü ve piroliz ara ürünleri arasında sinerji oluşturduğu gözlemlenmiştir. Elde edilen kömür, aktif karbon üretimine uygun bulunmuş ve ekonomik fayda sağlamıştır. Eş-piroliz yağı, yüksek karbon ve düşük oksijen içeriğiyle avantaj sağlarken, yüksek sülfür içeriği nedeniyle sülfürün uzaklaştırılması gerekmektedir. İki aşamalı hidro işleme, sülfür ve diğer istenmeyen bileşenlerin azaltılması için önerilmiştir. Atık lastiklerin kullanımıyla biyo-yakıt kalitesinin arttığı ve çevresel etkilerin azaltılmasına katkı sağlandığı görülmüştür [28].

Bu çalışma, akışkan yatak reaktörde, atık lastiklerin piroliz özelliği deneysel olarak laboratuvar şartlarında incelenmiştir. Atık lastikler kullanılarak; sıcaklık, parçacık boyutu, deney süresi, vakum miktarı, ısınma hızı, reaktör tipi ve katalizör türü gözlemlenmiştir.

### 3. DENEY DÜZENEGİ, DENEY SÜRECİ

Bu çalışmada, atık lastiklerin piroliz işlemi için kullanılan deney düzeneği, çeşitli bileşenlerden oluşmaktadır. Reaktör, sabit yatak reaktörü tipinde olup, 30 cm uzunlukta ve 4 cm çapında

paslanmaz çelikten yapılmıştır ve piroliz işlemi için uygun bir tasarıma sahiptir. Sıcaklık kontrolü, 2000 watt gücünde bir ısıtma sistemiyle sağlanmıştır. Hammadde besleme mekanizması kesikli yöntemle gerçekleştirilmiş, reaktördeki sıcaklık kontrollü bir şekilde yükseltilerek piroliz işlemi yapılmıştır. Piroliz sırasında oluşan gazların sıvı hale dönüştürülmesi, kondansör yardımıyla sağlanmış, sıvı ve gaz ürünler ise ayırıcı sayesinde etkin bir şekilde ayrıştırılmıştır. Reaktörde vakum koşulları oluşturmak ve piroliz verimliliğini artırmak amacıyla vakum pompası kullanılmıştır. Deney koşullarını sürekli izlemek ve gerektiğinde ayarlamalar yapmak için otomatik kontrol sistemi devreye alınmıştır. Çalışmada, atık lastikler belirli parçacık boyutlarına getirilerek, tek başına veya yağla birlikte reaktöre yerleştirilmiştir. Piroliz işlemi sonucu elde edilen gaz ve sıvı ürünler, kondansatör ve ayırıcıdan geçirilerek toplanmıştır. Katalizör kullanımı ise sanayide en yaygın kullanılanlar temin edilmiş, reaktörden sonraki kulede gerçekleştirilmiştir. Deney, atık lastiklerin belirli parçacık boyutlarına indirilmesiyle başlatılmıştır. Ardından lastik örnekleri reaktöre doldurulmuş, piroliz işlemi için gerekli sıcaklığa ısıtılmış. Piroliz işlemi tamamlandığında, oluşan gaz su banyosundan geçip zehirsiz olarak dış ortama bırakılmış, sıvı ürünler kondansör ve ayırıcıdan geçirilerek toplanmıştır. Çizelge 1’de lastik atıklarının katalitik pirolizi deneyleri ve sonuçlarının özeti verilmiştir. Tüm deneyler iki kere yapıp ortalaması alınmıştır. Şekil 8’de Deney düzeneğinin şeması ve Şekil 9’da Piroliz deney düzeneği verilmiştir.

**Çizelge 1. Lastik atıklarının katalitik pirolizi deneyleri ve sonuçları**

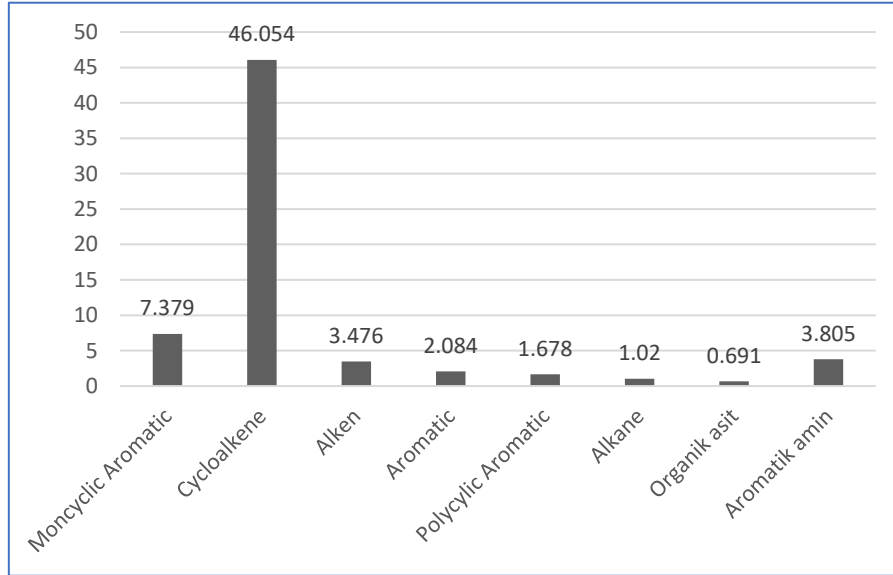
| Deney Nr. | Katalizör                 | Sıcaklık (°C) | Süre (dk) | Katı Ürün (g) | Sıvı Ürün (g) | Gaz Ürün (g) | Hammadde (g) |
|-----------|---------------------------|---------------|-----------|---------------|---------------|--------------|--------------|
| 1         | Katalizörsüz              | 400           | 15        | 52            | 32            | 16           | 100          |
| 2         | HZSM5 (30 g)              | 400           | 15        | 40            | 38            | 22           | 100          |
| 3         | Nikel-Kobalt (30 g)       | 400           | 15        | 45            | 41            | 14           | 100          |
| 4         | Platinyum-Vanadyum (30 g) | 400           | 15        | 41            | 40            | 19           | 100          |

Bu deney düzeneği, atık lastiklerin etkin bir şekilde piroliz edilmesini sağlayan optimize edilmiş bir sistem sunmaktadır. Deneyin sonuçları, atık yönetimi ve enerji geri kazanımı alanında önemli katkılar sağlayabilmektedir. Yüksek verimli ürün elde etmek amacıyla farklı katalizörler kullanılarak gerçekleşen çalışmada elde edilen ürünler GC-MS analizi kullanılarak bileşenlerine ayrılmış ve her bileşenin yapısal tanımlanması sağlanmıştır. HZSM-5 ve Platinyum-Vanadyum katalizörleri, sıvı ürün ve gaz ürün veriminde artış sağlayarak piroliz ürün dağılımını optimize etmiştir. Nikel-Kobalt katalizörü, sıvı ürün verimini maksimize etmiştir, bu nedenle sıvı fazın hedeflendiği uygulamalarda daha avantajlı olabilir. Katalizörsüz işlem, daha yüksek katı ürün verimi sağlasa da sıvı ve gaz fazı üretimi açısından sınırlıdır. Sonuç olarak, katalizör seçimi, hedeflenen ürün türüne göre belirlenmelidir. Sıvı ürün ağırlıklı bir süreç için Nikel-Kobalt tercih edilirken, dengeli bir ürün dağılımı için HZSM-5 veya

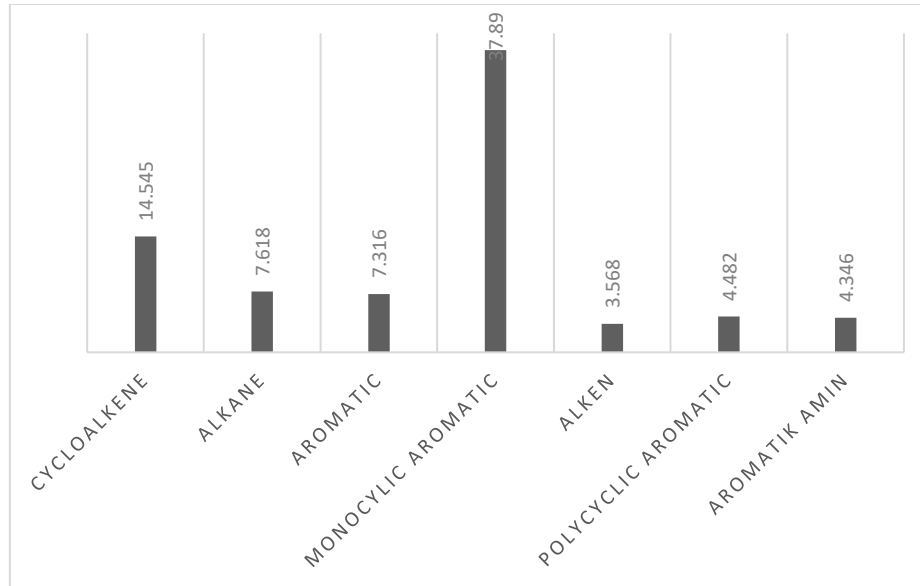
Platinyum-Vanadyum kullanılabilir.

### 3.1 Deneyde Elde Edilen Sıvı Ürünler, GC/MS Analiz Sonuçları

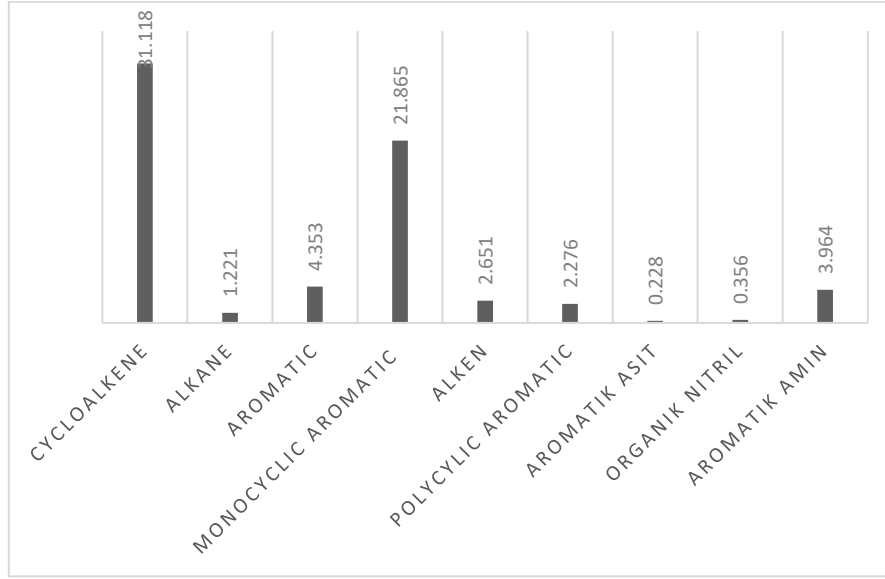
Deney 1-4'te GC-MS analizi içeriği aşağıda Görsel 1-4'te analiz sonuçlarına ilişkin grafik şeklinde verilmiştir.



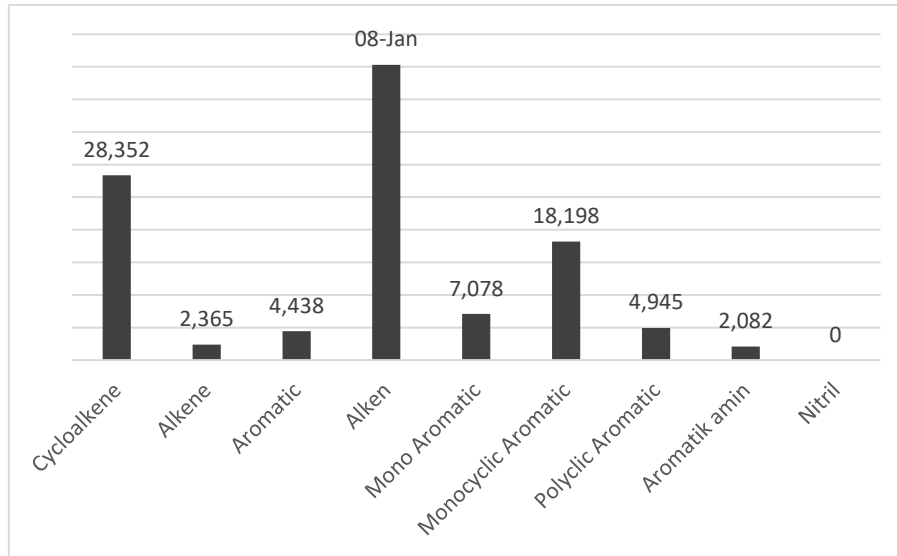
**Görsel 1. Deney 1 GC/MS Analiz Sonuçları**



**Görsel 2. Deney 2 GC/MS Analiz Sonuçları**



**Görsel 3. Deney 3 GC/MS Analiz Sonuçları**



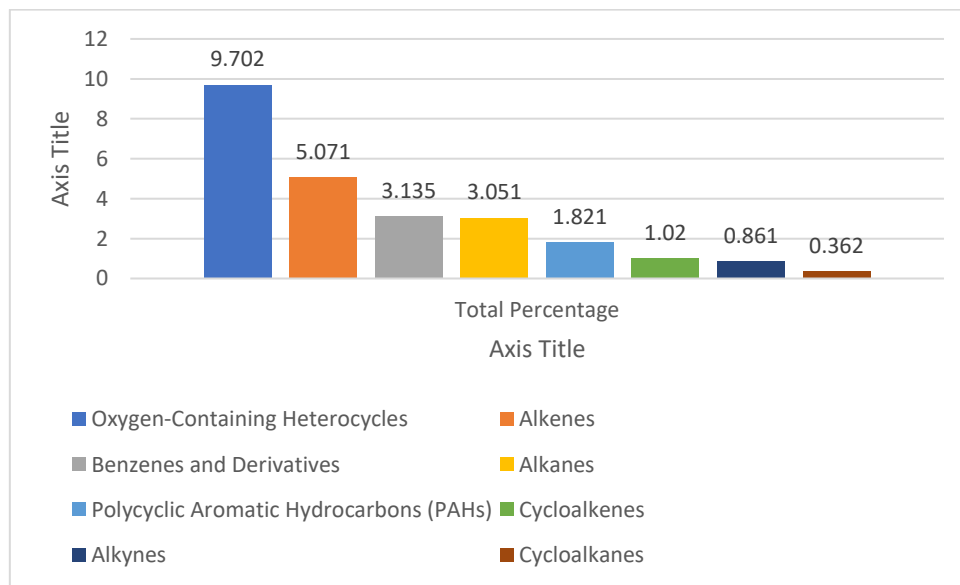
**Görsel 4. Deney 4 GC/MS Analiz Sonuçları**

Bu grafikler, lastik piroliz işleminin farklı katalitik koşullar altındaki etkilerini açıkça ortaya koymaktadır. Birinci grafikte, katalizör kullanılmaması nedeniyle sikloalkenlerin aşırı baskın olduğu görülmektedir. Bu durum, piroliz işleminin kontrolsüz bir şekilde termal bozulmaya dayalı olduğunu ve seçicilikten uzak bir reaksiyon sonucu oluşan bileşiklerin dağılımını göstermektedir. Katalizörsüz süreçte enerji verimliliği düşük ve ürün çeşitliliği sınırlı kalmaktadır, bu da endüstriyel ölçekli uygulamalar için zayıf bir performans sergilemektedir. İkinci grafikte HZSM-5 katalizörünün kullanımı, alkenlerin ve aromatik hidrokarbonların üretiminde belirgin bir artış sağlamıştır. HZSM-5'in yüksek seçiciliği, karbon zincirlerini kırarak daha hafif ve değerli ürünlerin oluşumunu desteklemiştir. Bunun yanı sıra, poli-aromatik hidrokarbonların miktarındaki sınırlı artış, HZSM-5'in istenmeyen ağır bileşiklerin oluşumunu engelleme konusundaki etkisini göstermektedir. Üçüncü grafikte Nikel-Kobalt katalizörü, hem doymuş (alkan) hem de doymamış (alken) hidrokarbonların üretiminde etkili

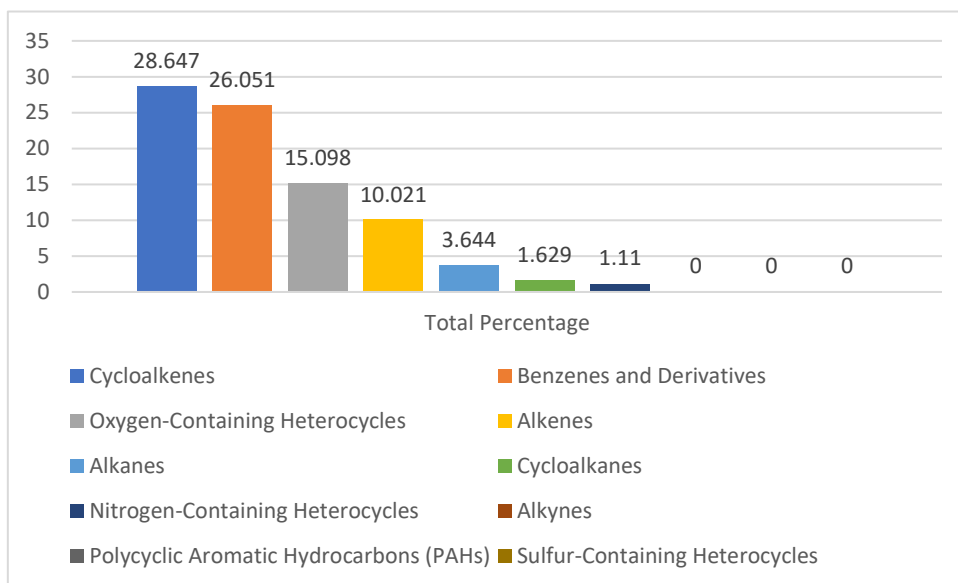
bir denge sağlamıştır. Bu katalizör, özellikle hidrojenasyon tepkimelerinde etkin rol oynayarak ürün çeşitliliğini artırmıştır. Aynı zamanda, poli-aromatik bileşiklerin oluşumunu bir miktar sınırlamış ve bu durum, reaksiyonun daha kontrollü bir şekilde yönlendirildiğini düşündürmektedir. Dördüncü grafikte Platinyum-Vanadyum katalizörü, yüksek aktivitesiyle öne çıkmış ve özellikle aromatik hidrokarbonların ve alkanların üretiminde etkili olmuştur. Bu katalizör hem seçiciliği artırmış hem de enerji verimliliğini iyileştirerek, piroliz işlemini endüstriyel uygulamalar için daha uygun hale getirmiştir. Bunun yanı sıra, poli-aromatik hidrokarbonların miktarındaki artış, bu katalizörün güçlü karbon iskeleti yapılarını stabil hale getirme eğilimini yansıtmaktadır. Sonuç olarak, katalizör kullanımı, piroliz işleminin ürün profilini büyük ölçüde etkileyerek hem enerji verimliliğini artırmakta hem de hedeflenen kimyasal bileşiklerin üretimini optimize etmektedir. HZSM-5, seçicilik ve hafif ürün oluşumu açısından öne çıkarken, Nikel-Kobalt katalizörü daha dengeli bir ürün profili sunmaktadır. Platinyum-Vanadyum katalizörü ise yüksek aktivitesiyle aromatik hidrokarbon üretiminde ön plandadır. Bu sonuçlar, atık lastiklerin katalitik piroliz işleminin enerji geri kazanımı ve kimyasal ürünlerin yeniden değerlendirilmesi açısından büyük bir potansiyele sahip olduğunu göstermektedir. Endüstriyel ölçekte, doğru katalizör seçimiyle süreç verimliliği ve ürün kalitesi optimize edilebilir.

### 3.2 Eş Piroliz İçin En Katalizör Seçimi, Deneylerin Koşulları ve Sonuçları

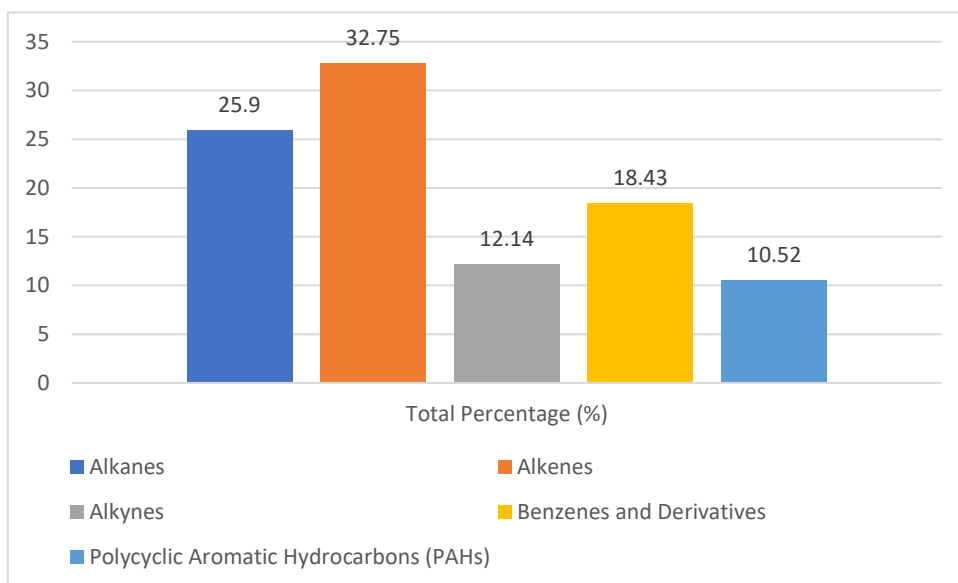
Verimli bir yakıt, doyurulmuş ve yüksek verimliliğe sahip alkanlar, stabil yanma özellikleriyle enerji verimini artıran aromatik hidrokarbonlar, düz zincirli alkanlara benzer enerji verimi sunan sikloalkanlar, doymamış hidrokarbonlar olarak yüksek yanma verimliliği sağlayan alkenler ve emisyonları azaltmak amacıyla düşük kükürt içeren bileşenleri içermelidir. Eş-piroliz için en uygun deney ve katalizör seçimi konusunda hidrokarbonlar dört farklı deneyle karşılaştırılmıştır. Sonuçlara göre, 2. deneyde en yüksek kalorifik değere sahip aromatik bileşikler elde edilmiştir. Bu nedenle, eş-piroliz işlemi bu deneyde kullanılan HZSM-5 katalizörüyle gerçekleştirilmiştir. GC/MS sonuçlar Şekil 5-7'de özetlenmiştir.



### Görsel 5. Eş piroliz 5. Deney GC/MS sonuçları



### Görsel 6. Eş piroliz 6. Deney GC/MS sonuçları



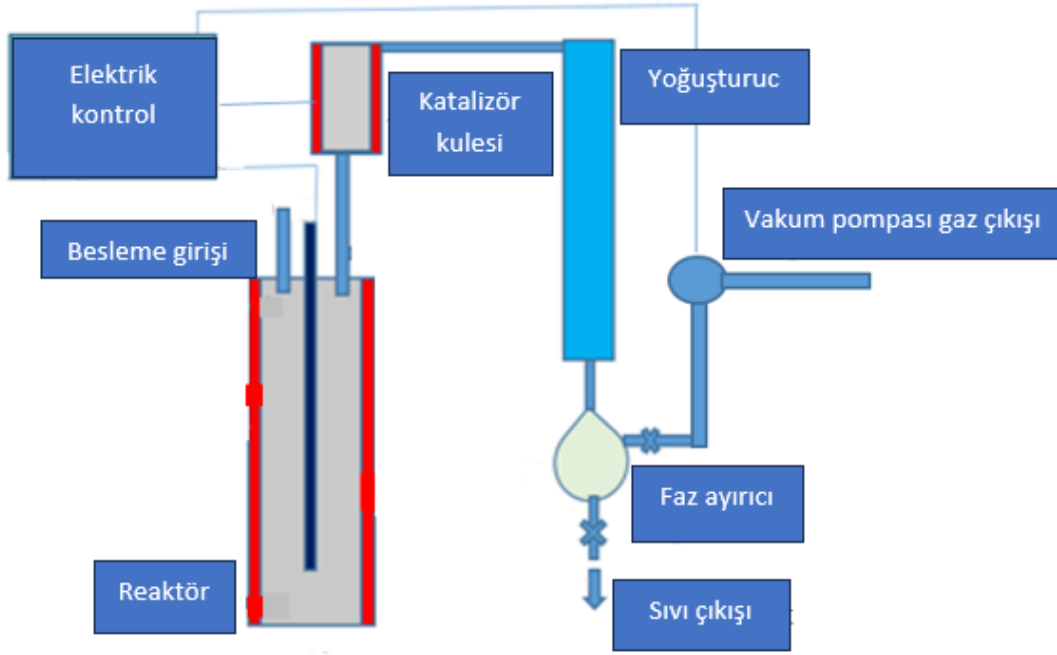
### Görsel 7. Eş piroliz 7. Deney GC/MS sonuçları



**Çizelge 2. Lastik Atıklarının Atık Bitkisel Yağla Katalitik Eş Pirolizi Deneyleri ve Sonuçları**

| Deney No   | Lastik (g) | Biyo yağ (g) | Sıcaklık °C | Deney Süre (dk) | Katı (g) | Sıvı Ürün (g) | Gaz Ürün (g) | Toplam Hammadde (g) |
|------------|------------|--------------|-------------|-----------------|----------|---------------|--------------|---------------------|
| Co-Deney 1 | 150 - 66%  | 75 - 44%     | 400         | 12,5            | 53       | 117           | 55           | 225                 |
| Co-Deney 2 | 150 - 56%  | 115 - 43%    | 400         | 15,4            | 49       | 158           | 58           | 265                 |
| Co-Deney 3 | 150 - 50%  | 150 - 50%    | 400         | 20,7            | 47       | 185           | 69           | 300                 |

Deney sonuçları, plastik ve biyoyağ oranlarının ürün dağılımı üzerinde önemli bir etkiye sahip olduğunu göstermektedir. Plastik oranı yüksek olduğunda sıvı ürün verimi artarken, biyoyağ oranı arttıkça gaz ve katı ürün miktarlarında artış gözlenmektedir. Co-piroliz işlemi, farklı ürün türlerini hedefleyen uygulamalar için plastik ve biyoyağ oranlarının optimize edilmesine olanak tanımaktadır. Plastik ağırlıklı süreçlerde sıvı ürün eldesi, biyoyağ ağırlıklı süreçlerde ise gaz fazı ürünlerin elde edilmesi daha avantajlıdır. Atık lastiklerin HZSM-5 katalizörü ve atık bitkisel yağ ile eşpiroliz sonuçları, elde edilen ürün kompozisyonlarında belirgin farklılıklar yaratmaktadır. HZSM-5 katalizörü, alken ve aromatik hidrokarbonların oluşumunu teşvik eden yüksek seçiciliği ile öne çıkar. Bu katalizör, karbon zincirlerini kırarak daha hafif ve yüksek değerli ürünlerin oluşmasını sağlar. Grafikte görülen yüksek alken ve aromatik hidrokarbon oranları, HZSM-5'in bu seçici etkisini açıkça ortaya koymaktadır. Ayrıca, katalizör, poli-aromatik hidrokarbonların (PAH'lar) oluşumunu sınırlayarak istenmeyen ağır bileşiklerin miktarını azaltmada etkili bir rol oynar. Öte yandan, atık bitkisel yağ ile yapılan eş piroliz işlemi, hidrojen zengin bir ortam sağlayarak farklı bir mekanizma sunar. Bitkisel yağ, hidrojenasyon tepkimelerini destekleyerek alkanların ve diğer doymuş hidrokarbonların üretimini artırır. Bu durum, daha dengeli bir ürün dağılımına yol açar ve poli-aromatik hidrokarbonların oluşumunu sınırlamada etkili olur. Bitkisel yağ ile yapılan eş piroliz hem reaksiyon mekanizmalarını zenginleştirir hem de ürün çeşitliliğini artırarak daha geniş bir uygulama potansiyeli sunar. Sonuç olarak, HZSM-5 katalizörü yüksek seçiciliği ile daha hafif ve değerli ürünler üretirken, atık bitkisel yağ ile eş piroliz yöntemi sinerjik bir etki yaratarak hem enerji yoğunluğunu artırır hem de ürün dağılımını optimize eder. Bu iki yöntem, çevresel ve ekonomik sürdürülebilirliği desteklemekle birlikte, atık yönetimi ve değerli kimyasal maddelerin geri kazanımı için önemli çözümler sunmaktadır. Endüstriyel uygulamalarda bu tür kombinasyonlar hem verimlilik hem de çeşitlilik açısından büyük bir potansiyele sahiptir.



Görsel 8. Deney düzeneğinin şeması



Görsel 9. Piroliz deney düzeneği

#### 4. BULGULAR VE TARTIŞMA

Alkanlar, alkenler ve aromatik bileşikler arasında kalorifik değer ve yakıt eldesindeki avantajlar karşılaştırıldığında, aromatik bileşikler en yüksek enerji yoğunluğuna sahiptir. Alkanlar, kararlı

yapıları ve temiz yanma özellikleriyle avantajlı olup, doğalgaz ve propan gibi yakıtlarda yaygın olarak kullanılır. Alkenler reaktif yapılarıyla kimyasal sentezlerde avantaj sağlarken, yakıt olarak kararlılıkları sınırlıdır. Aromatik bileşikler yüksek enerji verimliliği sunarken, çevresel ve toksik etkiler nedeniyle dikkatli kullanılmalıdır. HZSM-5 katalizörüyle yapılan deneylerde en uygun şartlar belirlenmiştir.

## 5. SONUÇLAR

Bu çalışmanın bulguları, atık lastiklerin piroliz yoluyla enerji geri kazanımı ve kimyasal ürün üretiminde önemli bir potansiyele sahip olduğunu açıkça ortaya koymaktadır. Deneysel sonuçlar, kullanılan katalizörlerin ve işlem koşullarının ürün verimliliği ve dağılımı üzerinde kritik bir etkisi olduğunu göstermektedir. Katalizörsüz süreçte enerji verimliliği düşük ve ürün çeşitliliği sınırlı iken, HZSM-5 gibi yüksek seçiciliğe sahip katalizörler, özellikle alken ve aromatik hidrokarbon üretiminde dikkat çekici bir artış sağlamaktadır. HZSM-5'in karbon zincirlerini kırarak hafif ve değerli ürünlerin oluşumunu desteklemesi, bu katalizörün piroliz işlemlerinde ideal bir seçenek olduğunu göstermektedir. Bunun yanı sıra, Nikel-Kobalt katalizörü, sıvı ürün verimini maksimize ederek sıvı fazın hedeflendiği uygulamalar için avantaj sağlamaktadır. Platinyum-Vanadyum katalizörü ise enerji verimliliğini artırarak dengeli bir ürün profili sunmaktadır.

Eş-piroliz işlemlerinde atık bitkisel yağın kullanımı, reaksiyon mekanizmalarını zenginleştirerek alkanların ve diğer doymuş hidrokarbonların üretimini artırmaktadır. Hidrojence zengin ortamın sağladığı bu avantaj, poli-aromatik hidrokarbonların oluşumunu sınırlandırarak daha çevre dostu bir süreç sunmaktadır. Plastik ve biyoyağ oranlarının optimize edilmesi, hedeflenen ürün türüne göre sürecin özelleştirilmesine olanak tanımaktadır. Plastik oranı yüksek olduğunda sıvı ürün verimi artarken, biyoyağ oranının artışı gaz ve katı ürünlerin miktarını artırarak farklı uygulamalar için seçenekler sunmaktadır.

Sonuç olarak, piroliz işlemi sırasında kullanılan katalizör seçimi, hedeflenen ürün türüne ve enerji verimliliği gereksinimlerine göre belirlenmelidir. HZSM-5 katalizörü, hafif ürünlerin üretimi için ideal bir seçenekken, Nikel-Kobalt katalizörü sıvı faz uygulamaları için daha uygundur. Platinyum-Vanadyum ise dengeli bir ürün dağılımı sunmaktadır. Bu çalışma, atık lastiklerin sürdürülebilir enerji ve kimyasal ürün üretiminde önemli bir kaynak olabileceğini ve doğru katalizör seçimiyle endüstriyel ölçekli uygulamalarda büyük bir potansiyel sunduğunu göstermektedir. Bu bulgular hem çevresel hem de ekonomik açıdan atık yönetimi ve enerji üretimi süreçlerini optimize etme fırsatını işaret etmektedir.

## KAYNAKLAR

1. Yakaboylu, O., & Karaosmanoğlu, F. (2010). Atık lastik yönetimi ve atık lastik pirolizi model tesisi için yapılabirlik çalışması (Yüksek Lisans Tezi). İstanbul Teknik Üniversitesi. [DOI bulunmuyor]

2. Moghanirahami, S., & Topal, H. (2023). Asphaltite pyrolysis in fluidized bed reactor. *Gazi University Journal of Science Part A: Engineering and Innovation*, 10(2), 166-175. [DOI bulunmuyor]
3. Gönüllü, M. T. (2004). Atık lastiklerin yönetimi. *Katı Atık Geri Dönüşüm Teknolojileri Semineri*, İstanbul Sanayi Odası. [DOI bulunmuyor]
4. Batır, B. (2002). Türkiye için kullanılmış lastik yönetimi araştırması (Yüksek Lisans Tezi). İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü. [DOI bulunmuyor]
5. T.C. Çevre ve Orman Bakanlığı, Atık Yönetimi Dairesi Başkanlığı. (2009). Katı atıkların geri kazanımı ve buna yönelik toplama işlemleri. Erişim bağlantısı: <http://www.atikyonetimi.cevreorman.gov.tr/evsel/16.doc> [DOI bulunmuyor]
6. Juma, M., Korenova, Z., Markos, J., Annus, J., & Jelemensky, L. (2006). Pyrolysis and combustion of scrap tire. *Petroleum & Coal*, 48, 15-26. [DOI bulunmuyor]
7. Demirbaş, A. (2004). Effects of temperature and particle size on bio-char yield from pyrolysis of agricultural residues. *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis*, 72, 243-248. DOI: 10.1016/j.jaap.2004.01.001
8. Juma, M., Korenova, Z., Markos, J., Annus, J., & Jelemensky, L. (2006). Pyrolysis and combustion of scrap tire. *Petroleum & Coal*, 48, 15-26. [DOI bulunmuyor] (Bu referans 6 ile aynı)
9. Tetik, E. (1997). Kolza sap-samanının pirolizi (Yüksek Lisans Tezi). İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü. [DOI bulunmuyor]
10. Cao, Q., Jin, L., Bao, W., & Lv, Y. (2009). Investigation into the characteristics of oil produced from co-pyrolysis of biomass and tire. *Fuel Processing Technology*, 90, 337-342. DOI: 10.1016/j.fuproc.2008.10.013
11. Reaven, S. J. (1994). Prospects for pyrolysis technologies in managing municipal, industrial and DOE cleanup wastes. *Report*. New York. [DOI bulunmuyor]
12. Roy, C., Pakdel, H., & Pantea, D. M. (1998). The vacuum pyrolysis of used tires: End-uses for oil and carbon black products. *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis*, 51, 201-221. DOI: 10.1016/S0165-2370(98)00058-4
13. Kar, Y. (2008). Çörekotu (*Nigella Sativa* L.) tohumunun doğal antioksidan ve alternatif enerji kaynağı olarak incelenmesi (Doktora Tezi). Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. [DOI bulunmuyor]

14. Demiz, C., & Şen, N. (2023). Plastik atıkların pirolizi ve bazı piroliz ürünlerinin modifikasyonu (Doktora Tezi). Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya. [DOI bulunmuyor]
15. Navarro, M. V. (2012). Application of a particle model to pyrolysis: Comparison of different feedstock: Plastic, tyre, coal and biomass. *Fuel Processing Technology*, 103, 1-8. DOI: 10.1016/j.fuproc.2011.12.031
16. Martínez, J. D. (2014). Co-pyrolysis of biomass with waste tyres: Upgrading of liquid bio-fuel. *Fuel Processing Technology*, 119, 263-271. DOI: 10.1016/j.fuproc.2013.11.015
17. Eken, S. (2007). Seyitömer linyiti ve çam kabuğunun ortak pirolizinden elde edilen katların adsorpsiyon özelliklerinin incelenmesi (Yüksek Lisans Tezi). Osmangazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. [DOI bulunmuyor]
18. Yozcu, E. (2019). Ömrünü tamamlamış atık lastiklerin yeni kullanım alanlarının araştırılması (Yüksek Lisans Tezi). Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. [DOI bulunmuyor]
19. Islam, M., Mustafi, N., Rahim, M., & Haniu, H. (2013). Thermal recycling of solid tire wastes for alternative liquid fuel: The first commercial step in Bangladesh. *Procedia Engineering*, 56, 573-582. DOI: 10.1016/j.proeng.2013.03.183
20. Kyari, M., Cunliffe, A., & Williams, P. T. (2005). Characterization of oils, gases, and char in relation to the pyrolysis of different brands of scrap automotive tires. *Energy & Fuels*, 19(3), 1165-1173. DOI: 10.1021/ef049934r
21. Pozan, S. G., Yaşar, M., & Gürgey, İ. (2005). Atık lastiklerden aktif karbon üretimi. II. *Mühendislik Bilimleri Genç Araştırmacılar Kongresi*, İstanbul, Türkiye, Kasım 17-19. [DOI bulunmuyor]
22. M.Juma., Z. Korenova., J. Markos., L. Jelemensky., & M. Bafnec (2006) Experimental study of prolysis and combustion of scrap tire., *Polymers for Advanced Technologies / Volume 18, Issue 2*, p.144-148 [DOI: 10.1002/pat.811]
23. Hürdoğan, E., Ozalp, C., Kara, O., & Ozcanlı, M., (2016) Experimental investigation on performance and emission characteristics of waste tire pyrolysis oil–diesel blends in a diesel engine, *Intarnational Jjournal of Hydrogen Energy*, Volume 42, Issue 36, p.23373-23378 [DOI: 10.1016/j.ijhydene.2016.12.126].
24. Cepic, Z., Mihajlovic, V., Duric, S., Milotic, M., Stosic, M., Stepanov, B., & Micunovic, M., (2021), Experimental Analysis of Temperature Influence on Waste Tire Pyrolysis Energies, 14(17), 5403 [DOI:10.3390/en14175403]



25. Venturelli, M., Falletta, E., Pirola, C., Ferrari, F., Milani, M., & Montorsi, L., (2022). Experimental evaluation of the pyrolysis of plastic residues and waste tires, *Applied Energy*, Volume 323. [DOI: 10.1016/j.apenergy.2022.119583].
26. Singh, M., Salaudeen, S.A., Gilroyed, B.H., Salem, S.M., & Dutta, A., (2021). A review on co-pyrolysis of biomass with plastics and tires: recent progress, catalyst development, and scaling up potential, *Biomass Conversion and Biorefinery* 13:8747-8771. [DOI:10.1007/S13399-021-01818-X]
27. Martinez, J.D., Veses, A., Mastral, A.M., Murillo, R., Navarra, M.V., Puy, N., Artigues, A., Bartroli, J., & Garcia, T., (2013). *Fuel Processing Technology*, Pages 263-271. [DOI: 10.1016/j.fuproc.2013.11.015].
28. Alvarez, J., Amutio, M., Lopez, G., Santamaria, L., Bilbao, J., & Olazar, M., (2019). *Waste Management* 85 (2019) 385-395